

40
Phyt.

155

ch

Phyt. 155 Ch in 4 -

Hofmeister

BEITRÄGE

ZUR

KENNTNISS DER GEFÄSSKRYPTOGAMEN

VON

WILHELM HOFMEISTER.

I.

BILTRAGE

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS.

WILHELM HOEFT

I.

DIE ENTWICKELUNGSGESCHICHTE DER ISOËTES LACUSTRIS.

Es knüpft sich an die höheren Kryptogamen im Allgemeinen ein hervorragendes botanisches Interesse. Sie bilden das Mittelglied zwischen den beiden grossen Abtheilungen des Gewächsreichs, den geschlechtslosen Kryptogamen und den Phanerogamen. Im Vorgange bei der Befruchtung ähneln sie vor allen anderen Pflanzen den Thieren durch die Hervorbringung von Samenfäden, denen der Thiere ähnlich gestaltet, welche durch ihre Berührung eine präexistirende Zelle zu weiterer Entwicklung anregen; befruchten. Die Einfachheit und Uebersichtlichkeit des Verlaufs ihrer Gefässbündel, die Grösse der Zellen ihrer in Zellenvermehrung begriffenen Theile, vereint mit der bunten Mannichfaltigkeit im Baue ihrer Vegetationsorgane, eignet sie vorzugsweise zur Bearbeitung der schwierigen Aufgabe: die Einzelheiten der Entwicklung zusammengesetzter Pflanzentheile zu ergründen, deren Wachsthumsvorgänge auf die Vermehrung der einzelnen Zelle zurückzuführen. Ihre Untersuchung wird das geeignetste Vorstudium sein zu der noch mühsameren Erforschung der Lebenserscheinungen der Pflanzen mit kleineren Elementarorganen, mit zahlreicheren und verwickelter verlaufenden Gefässbündeln.

Eine besondere Wichtigkeit aber hat für die botanische Morphologie die Entwicklungsgeschichte der Isoëten. Sie sind die einzige bekannte Gattung mit ausnahmslos unverzweigter Hauptachse. Sie stehen, so weit die Beobachtungen reichen, im ganzen Pflanzenreiche vereinzelt durch das völlige Unterbleiben einer nachträglichen Zellenvermehrung in den Gliedern des Stammes. Bei anderen Stengeln mit noch so unentwickelten Internodien erfolgt nach Anlegung des jüngsten Stengelglieds, im zweitjüngsten, wohl auch noch in den nächstbenachbarten

Internodien eine wenn auch wenig lebhafte Vermehrung der Zellen in der Längsrichtung. Bei *Isoëtes* endet mit Anlegung eines Stammglieds dessen Längenwachsthum absolut. Die Entwicklung von Adventivwurzeln, anscheinend in niedersteigender Folge, die Form der Holzmasse, vor allem aber das Dasein eines das Holz umschliessenden, die ganze Lebensdauer der Pflanze hindurch thätigen Mantels von Cambium stellen die *Isoëten* in scharfen Gegensatz zu den in Bezug auf die Fortpflanzungserscheinungen ihnen nächst Verwandten. Die Vorgänge bei der geschlechtlichen Befruchtung zeigt *Isoëtes* mit einer Leichtigkeit und Klarheit, wie keine andere der diöcischen Gefässkryptogamen. —

Seit Hugo von Mohl die eigenthümlichen Wachsthumerscheinungen der *Isoëten* nachwies¹⁾ — die Entwicklung der Adventivwurzeln in anscheinend absteigender Ordnung zu beiden Seiten einer, die untere Fläche des abgeplatteten, kuchenförmigen Stammes durchziehenden Furche; die seltsame Gestalt des Holzkörpers, die jährliche Erneuerung der Rinde durch die Lebensthätigkeit einer das Holz umgebenden Cambiumschicht — seit jener Zeit ist beinahe unausgesetzt die besondere Aufmerksamkeit der Botaniker der interessanten Gattung zugewendet gewesen. Alexander Braun²⁾ deutete hin auf den Zusammenhang der $\frac{1}{2}$ oder $\frac{1}{3}$ Stellung der Wedel junger Pflanzen mit der zwei- oder dreilappigen Form des Stammes; er entdeckte die wahre Natur der, von frühern Beobachtern³⁾ für zufällige seitliche Verästelung genommene regelmässige Zweigabelung der Wurzeln. Die auffallende Anordnung derselben am Stamme suchte er durch die Annahme zu erklären, dass „die Wurzeln bei *Isoëtes*, anstatt wie gewöhnlich nach aussen aus dem Gefässcylinder hervorzubrechen, im Gegentheil nach innen sich wendend durchdringen.“ — Mettenius gab⁴⁾ ziemlich gleichzeitig eine sehr genaue Beschreibung des Baues der reifen Spore, und sprach die Vermuthung aus, dass die Keimung von *Isoëtes* mit der von *Selaginella* übereinstimmen möge, über welche letztere er zugleich⁵⁾ die ersten richtigen auf mikroskopische Einzelheiten sich beziehenden

1) Ueber den Bau des Stammes von *Isoëtes lacustris* (Linnaea, Jahrg. 1840; vermischte Schriften botanischen Inhalts, S. 122).

2) Weitere Bemerkungen über *Isoëtes*, Flora 1847, S. 32.

3) Bischoff, kryptogame Gewächse, Nürnberg 1828, S. 10.

4) Ueber *Azolla*, Linnaea 1847, S. 269 ff.

5) a. a. O. Anmerkung zur Seite 270.

Angaben veröffentlichte. Ein Jahr darauf lieferte Karl Müller eine Geschichte der Keimung von *Isoëtes lacustris*.¹⁾ Er beschreibt die grosse Spore (deren er nur in ziemlich vorgerücktem Stadium der Entwicklung vor sich hatte) als ein vom Exosporium umschlossenes zelliges Säckchen, in dessen Hohlraume das Rudiment des Embryo als freischwimmende Zelle auftritt, die allmähig zum Zellenkörper sich umwandelt. Die wesentlichsten Irrthümer dieser Darstellung berichtigte Mettenius sofort.²⁾ Derselbe that neuerdings³⁾ die Gleichartigkeit der Keimung von *Isoëtes* mit der anderer Gefässkryptogamen schlagend dadurch die Entdeckung der Bildung von Samenfäden in den kleinen Sporen, und die Schilderung auf dem Prothallium, welches in den grossen Sporen sich entwickelt, entstehender Archegonien.

Die im Nachstehenden mitgetheilten Untersuchungen werden die durch Mettenius und Müller aufgefundenen Thatsachen vervollständigen und mit den von Mohl geschilderten verknüpfen. Das reiche Material derselben verdanke ich der Güte von Mettenius,⁴⁾ Alexander Braun und Gustav Reichenbach.⁵⁾

Die grossen Sporen der *Isoëtes lacustris*, bei ihrer Entstehung von Gestalt eines Tetraëders mit convexer Grundfläche, erlangen gegen die Reife hin durch allmähige Wölbung auch ihrer übrigen Flächen nahezu Kugelform. Die zarte primäre Zellhaut wird von einem dicken Exosporium umkleidet, welches auf Durchschnitten drei Hauptschichten zeigt: eine innerste, glasartige, von brauner Farbe, mässiger Dicke, welcher kürzere und längere gegen die Pole der Spore convergirende Leisten aufgesetzt sind. Drei längere und stärkere solcher Leisten, den Berührungskanten der Spore mit ihren drei Schwestersporen entsprechend, vereinigen sich auf ihrem Scheitel unter Winkeln von 120° . Sie reichen bis zum Aequator der Zelle und schneiden hier eine die Spore umgürtende, etwas niedrigere Ringleiste. Auf diese innerste Schicht des Exosporium folgt eine dünnere von körniger Beschaffenheit und gelblicher

1) Berliner botanische Zeitung, 1848, Sp. 297 ff.

2) Sp. 688 desselben Jahrganges der botanischen Zeitung.

3) Beiträge zur Botanik, 1. Heft. Heidelberg 1850.

4) *Isoëtes lacustris* lebend in allen Altersstufen aus dem Feldsee im Schwarzwalde, demselben Standorte, welcher auch Bischoff, Mohl, Braun und Mettenius den Stoff ihrer Untersuchungen lieferte.

5) Die Arten der Mediterranflora in getrockneten Exemplaren.

Färbung. Ihr ist die dicke, äusserste Hülle aus glasheller, gallertartiger Masse aufgelagert. Sie überzieht, gleich der vorigen, alle leistenförmigen Hervorragungen der innersten, glasigen Schicht des Exosporium; über den vier Hauptleisten ist sie besonders stark entwickelt (T. II f. 4).

Der Stoff des Exosporium verhält sich gegen Reagentien gleich der Exine der Pollenkörner. Schwefelsäure giebt den inneren Schichten röthliche Farbe; Kochen in Kalilauge greift sie an. Die Gallertschicht wird von Mineralsäuren und ätzenden Alkalien rasch zerstört. Kohlensaurer Kalk, den Schleiden nach dem Aussehen trockener Sporen im Exosporium vermuthet,¹⁾ ist in demselben nicht vorhanden, wie bereits Röper angegeben.²⁾ — Der Inhalt der reifen Spore verhält sich optisch und chemisch wie ein Gemenge von Oel und Eiweiss. Eine Spore, auf dünnem Papier zerdrückt, hinterlässt einen bleibend durchscheinenden Flecken.

Wenige Wochen nach Freiwerden der Spore aus dem durch Verwesung seiner Wand sich öffnenden Sporangium beginnt ihr Innenraum sich mit Zellgewebe zu füllen. Durchschnitte geben keinen Aufschluss über die Art dieser Zellenbildung; bei Verletzungen der noch nicht vollständig von geschlossenem Parenchym erfüllten Spore wird ihr Inhalt zu gestaltlosem Breie. Aber schon halbstündiges Liegen in gesättigter Glycerinlösung macht das Exosporium hinreichend durchscheinend, um der Innenwand der Spore angelagerte, abgeplattet-sphärische Anhäufungen einer körnigen Substanz erkennen zu lassen (T. II f. 4). Es kann keinem Zweifel unterliegen, dass diese bei Druck auf die Spore zusammenfliessenden Massen körnigen Schleim's eben gebildete Primordialzellen (nackte Primordialschläuche) sind; dass somit die Bildung des die Spore füllenden Zellgewebes, des Prothallium, durch freie Zellbildung erfolgt; übereinstimmend mit der Entstehung des Endosperms der Mehrzahl der Phanerogamen, insbesondere mit der Entwicklung des Eiweisskörpers der Coniferen. Die Bildung von starren Zellhäuten scheint erst zu der Zeit zu beginnen, da der gesamte Inhalt der Sporenzelle in Tochterzellen sich umgewandelt hat.

Wahrscheinlich beginnt diese Zellbildung in der Scheitelwölbung des Sporenraumes. Zu der Zeit, da der Widerstand des die Spore ge-

1) Grundzüge, 2. Aufl. Band II. S. 84.

2) Zur Flora Mecklenburgs. Band I. S. 125.

schlossen füllenden Parenchyms die Darstellung von Längsdurchschnitten erlaubt, sind die Zellen des Scheitels des Prothallium weit kleiner und zahlreicher, als die seines Grundes. Dies lässt schliessen, dass dort schon vor geraumer Zeit eine Vermehrung der Zellen begonnen hat, welche hier weit später erst und mit weit minderer Lebhaftigkeit eintreten wird. — Der Inhalt der Zellen des Prothallium unterscheidet sich nicht von dem der reifen Spore; Zellenkerne sind in der dicken, trüben Flüssigkeit nicht wahrzunehmen.¹⁾

Während der Anlegung des Prothallium verändert sich nicht unbeträchtlich die primäre Zellhaut der Spore; besonders in ihrem oberen Theile. Sie nimmt an Dicke zu; auf Durchschnitten lässt sie eine Zusammensetzung aus mehreren Schichten erkennen. Unschwer lässt sie sich vom Prothallium abstreifen.²⁾ Von der Fläche gesehen, erscheint die früher gleichartige jetzt fein gekörnelt — alles Erscheinungen, die in überraschender Gleichartigkeit auch am Embryosack der Nadelhölzer sich finden.

Das kugelförmige Prothallium, durch Vermehrung und Dehnung seiner Zellen etwas an Masse zunehmend, sprengt die obere Hälfte des Exosporium in drei Lappen, indem jede der drei auf dem Scheitel der Spore zusammentreffenden Leisten in zwei Längshälften sich trennt. Ein kleiner Theil des Scheitels des Prothallium — drei unter Winkeln von 120° zusammenstossende sehr spitze Dreiecke — wird dadurch frei gelegt.

Aus der Vermehrung einzelner Zellen der Oberfläche dieser bloss gewordenen Stellen gehen Archegonien hervor, deren erstes ausnahmslos genau auf dem Scheitel des Prothallium entsteht (T. II f. 2). Bleibt dieses erste unbefruchtet, so bilden sich noch mehrere in von ihm absteigender Ordnung; über acht zählte ich in keinem Falle.

Die Mutterzelle eines Archegonium theilt sich durch eine der freien Aussenfläche parallele Wand; die gleiche Theilung wiederholt sich in der äusseren der beiden neugebildeten Zellen. Senkrechte Längswände

1) Die Undurchsichtigkeit des milchigen Zellinhalts ist so gross, dass sie selbst bei sehr dünnen Durchschnitten die Erkennung der Zellengränzen hindert, so lange das Präparat in reinem Wasser liegt. Zusatz concentrirter Glycerinlösung erzeugt schneller eine weit vollständigere Durchscheinheit als das von Mettenius (Beiträge zur Botanik, Heft 1, S. 41) empfohlene Chlorcalcium.

2) Vergl. Mettenius, berliner botan. Ztg. Jahrg. 1848, Sp. 690.

theilen darauf die obern beiden Zellen in je zwei Längshälften (T. II f. 3 bei a), in deren jeder sofort eine zur letztentstandenen rechtwinklige Längswand auftritt. Die unterste Zelle des Archegonium nimmt an Grösse etwas zu; sie wird zu dessen Centralzelle. Von den sie überragenden zwei Doppelpaaren viermal kleineren Zellen pflegt das untere sich durch Querwände noch einmal zu theilen (T. II f. 3 bei a¹); Ausnahmen sind selten.

Während dieser Vorgänge blättert der vom Exosporium unbedeckte Theil der primären Membran der Sporenzelle sich allmähig ab, vorher aufquellend.¹⁾ Durch Auseinanderweichen der vier Längsreihen von Zellen, welche die Centralzelle des Archegonium decken, bildet sich jetzt ein auf diese zuführender offener Gang (T. II f. 5). Noch vor dessen Auftreten entstand in ihr eine sphärische, die Mutterzelle beinahe ausfüllende, freie Tochterzelle (T. II f. 4—6). Sie ist die Anfangszelle der neuen Generation, das Keimbläschen, befähigt nach Befruchtung durch die in den kleinen Sporen erzeugten Samenfäden zu einer neuen wedel- und sporentragenden Pflanze der *Isoëtes* sich auszubilden.

Zur Umwandlung in ein Prothallium und zur Hervorbringung von Archegonien gelangen alle reifen Makrosporen der *Isoëtes lacustris*. Eine Weiterentwicklung, die Bildung von Embryonen beblätterter Pflanzen erfolgt aber nur in solchen, die zusammen mit Mikrosporen ausgesäet wurden, analog der gleichen Erscheinung bei den Selaginellen und den Rhizocarpeen. — Von Mikrosporen streng getrennt gehaltene Prothallien leben lange, bei meinen Versuchen von Anfang September bis Mitte März. Einzelne derselben brachten selbst dann noch neue, normal gebaute, anscheinend des Befruchtetwerdens fähige Archegonien hervor.

Die kleinen Sporen der *Isoëtes lacustris* haben bei der Reife die Gestalt von Kugelquadranten; in seltenen Fällen sind sie tetraëdrischer Form. Die scharfen Kanten und Ecken der Spore werden von der Exine gebildet; die der inneren Sporenhaut sind stumpf zugerundet. Am oberen wie am unteren Ende der Spore entwickelt sich das Exosporium

1) Ein besonders überzeugendes Beispiel derartiger Häutung ganzer Zellgewebsmassen durch Abwerfen der primären Haut und der Verdickungsschichten der Oberhautzellen giebt die Wachsthumsgeschichte der Adventivwurzeln einiger Gräser, insbesondere der *Avena sativa*.

zu einer warzigen Spitze (T. II f. 8, 9); den Berührungskanten der Spore mit den drei Schwestersporen entlang zu einer weit vorgezogenen, schneidigen Falte (T. II f. 7). Die Aussenfläche der Exine ist aufs feinste gekörnelt, fast glatt, ihre Farbe ein liches Gelbgrau.

Der Inhalt der völlig entwickelten kleinen Spore ist feinkörniges Protoplasma, in dem viele kleinere Oeltropfen enthalten sind. Bei durchfallendem Lichte erscheint das Gemenge der sehr verschieden lichtbrechenden Flüssigkeiten fast undurchsichtig. Im Mittelpunkt der Spore schwebt ein kugeliger Zellenkern von scharfen Umrissen, mit durchsichtiger Inhaltsflüssigkeit (T. II f. 7).

Etwa vier Wochen, nachdem die Mikrosporen durch Verwittern der Wand der Sporangien frei wurden, theilt sich der Primordialschlauch der Zelle in zwei bis vier Portionen, welche zu Tochterzellen sich individualisiren (T. II f. 8). Bisweilen erfüllen die Theilhälften des Primordialschlauchs die Mutterzelle vollständig; die von ihnen ausgesonderten Zellwände erscheinen dann, soweit sie den Berührungsflächen zweier Primordialschlauch-Hälften entsprechen, als der Innenwand der Sporenzelle angesetzte Scheidewände (T. II f. 9).¹⁾ Häufiger aber ist die Theilung des Primordialschlauchs mit einer Zusammenziehung desselben auf kleineren Raum verbunden;²⁾ die Tochterzellchen, von abgeplattet ellipsoidischer Form, liegen frei im Innenraume der Spore. In der Inhaltsflüssigkeit der Tochterzellen zeigen sich jetzt zahlreiche sehr kleine Amylumkörperchen.

Jedes dieser Zellchen erzeugt in seinem Inneren eines bis zwei linsenförmige Bläschen, in deren jedem ein in rechtsläufiger Spirale aufgerollter Faden aus mit Jod sich bräunender Substanz entsteht (T. II f. 11). Sein eines Ende ist mässig verdickt, das andere in eine fadenförmige Spitze ausgezogen. Hat er seine volle Ausbildung erreicht, so werden die Spore und ihre Tochterzellchen durch Anschwellen des Inhalts gesprengt; die linsenförmigen Mutterbläschen der Samenfäden

1) In solcher Weise getheilte Sporen gleichen vollkommen den ellipsoidischen Zellkörperchen, welche aus den Mikrosporen führenden Sporangien der *Salvinia natans* im Frühjahr hervorbrechen, und in deren Fächern die Mutterbläschen der Samenfäden entstehen (S. 409 meiner Schrift „Vergleichende Untersuchungen der Entwicklung höherer Kryptogamen“ u. s. w. Leipzig 1851).

2) Analog dem Vorgange bei der Sporenbildung von Leber- und Laubmoosen (*Pellia* und *Phascum*; a. a. O. S. 20, 73).

kommen frei in den nach Aussen geöffneten Raum der Spore zu liegen. Bald zerreisst auch die (mit Jod sich bläuende) Membran des Bläschens selbst; das eine Ende des Samenfadens tritt aus dem Risse hervor und beginnt sofort eine lebhaft schwingende, das Mutterbläschen in rasche Drehung setzende Bewegung (T. II f. 12). Endlich entringt sich der Faden dem Bläschen völlig; seine spiraligen Windungen entfernen sich etwas von einander. In fortwährender Drehung um die Achse seiner Spirale schlüpft er aus der geborstenen Spore und bewegt sich im Wasser umher, mit dem dicken Ende voraus, das dünnere nachschleifend (T. II f. 13—15).¹⁾ Seine Bewegungen sind wenig schneller, als die der Spermatozoïden der Moose.²⁾

Wird der Samenfaden durch Jod getödtet, so lässt sich, bei günstiger Beleuchtung, eine geringe Zahl seinen vorderen zwei Windungen ansitzender äusserst feiner Wimpern erkennen (T. II f. 16, 17). Zusatz färbender Stoffe zum Wasser, in welchem Samenfäden sich bewegen, zeigt, dass während des Lebens dieser jene Wimpern lebhaft schwingen. — Die Dauer der Bewegung der Spermatozoïden von *Isoëtes* überstieg bei meinen Beobachtungen in keinem Falle drei Stunden.

Ende August ausgesäete Mikrosporen entliessen die ersten Samenfäden Mitte September; die Erzeugung von Spermatozoïden dauerte bis in den Januar. Das Wasser der Gefässe, in welche ich grosse und kleine

1) Der Forscher, dem die Lehre von den selbstbeweglichen Fortpflanzungsorganen der Kryptogamen die neuesten Bereicherungen verdankt, Thuret, steht im Widerspruche mit andern, diesen Gegenstand behandelnden Botanikern, insbesondere mit mir, indem er für erwiesen annimmt, dass das hintere Ende der Samenfäden der Charen, Moose und Gefässkryptogamen verdickt sei und stumpf ende. Das Dasein eines lang fadenförmigen Schwanzes stellt er in Abrede (*Annales des sc. natur. Série III. Tome XVI*). Es ist misslich, einem so trefflichen Beobachter, wie Thuret, zu widersprechen. Ich habe geglaubt, auf Erscheinungen der Art das meiste Gewicht legen zu müssen, wie ich f. 14 der T. I abbilde: das hintere Ende des Samenfadens ist an einem kleinen Gegenstande, dem eigenen Mutterbläschen z. B. kleben geblieben, und dieser wird bisweilen auf linienweiter Entfernung vom Samenfaden nachgeschleppt. Aehnliches sah ich bei *Pellia*, bei Farrnkräutern und Equiseten. Thuret erwähnt ausdrücklich der undeutlichen Umrisse und der schleimigen Beschaffenheit des keuligen Hinterendes der Spermatozoïden. Bestände dasselbe aus so weichem, halbflüssigen Schleime, dass er bei Anhaften irgendwo in lange Fäden sich ausziehet, so würde der Widerspruch Thuret's und meiner Angaben sich befriedigend erklären.

2) Mettenius, der Entdecker der Spermatozoïden von *Isoëtes*, weist hin auf die Trägheit ihrer Bewegungen in Vergleich mit den reissend schnellen derer der Farrn.

Sporen ausgesät, wimmelte von Samenfäden an einigen Tagen Mitte Oktobers. Der dünnflüssige Schleim, welcher den Mündungskanal reifer Archegonien ausfüllt, umschloss zu dieser Zeit öfters fädliche Körper fester schleimigen Stoffes, welche füglich die Reste bewegungslos gewordener Spermatozoïden sein konnten.

Die erste Erscheinung, welche den Beginn der Entwicklung eines Embryo in einem Archegonium anzeigt, ist die Theilung des befruchteten Keimbläschens durch eine gegen die Längsachse des Archegonium etwas geneigte transversale Scheidewand (T. II f. 18—20). Während der Bildung dieser dehnt sich das Keimbläschen, oft nicht unbeträchtlich, in zur Längsachse des Archegonium rechtwinkliger Richtung. Von den beiden Theilhälften des befruchteten Keimbläschens wird — wie bei fast jeder vegetativen Zellvermehrung, nach Verschwinden des primären Kernes der Zelle und Auftreten zweier neuer (T. II f. 20) — zunächst die untere (T. III f. 2), darauf auch die obere getheilt durch eine die erst entstandene unter rechtem Winkel schneidende Wand (T. II f. 24). — Die aus nur zwei bis vier Zellen bestehende Anlage zum Embryo der neuen Generation hat die Form eines liegenden Eyes; in Richtung ihrer Längsachse betrachtet (T. II f. 18, 19) erscheint sie nicht grösser, als das unbefruchtete Keimbläschen. Aber sie hat bereits begonnen durch ihre Längsdehnung zerstörend einzugreifen in das Gewebe des Prothallium.

Wie in zahlreichen ähnlichen Fällen — bei Entwicklung der noch im Prothallium verborgenen Keimpflanze der Farn, beim Eindringen des unteren Endes der Moosfrucht in die sich bildende Vaginula, bei dem Verdrängen des Endosperms durch den heranwachsenden Embryo vieler Phanerogamen — zeigen die dem rudimentären Embryo nächst benachbarten Zellen des Prothallium eine ziemlich lebhafte Vermehrung, bevor sie aufgelockert, von der sich entwickelnden Keimpflanze verdrängt und endlich aufgelöst werden. Der Embryo erscheint auf seinen ersten Entwicklungsstufen von einem Gewebe sehr enger Zellen umschlossen (T. II f. 24). Schon während der ersten Theilungen des befruchteten Keimbläschens sterben die Mündungszellen seines Archegonium ab; ihre Inhaltsflüssigkeit wird wasserklar, ihre Wänden nehmen die tiefbraune Farbe an, welche todtten Zellmembranen von Gefässkryptogamen so allgemein zukommt. Aehnliche Veränderungen gehen bisweilen in den Zellen der Oberfläche des Pro-

thallium vor sich, die der Archegonienmündung angränzen (T. II f. 24; T. III f. 4—7).

In den seltensten Fällen wird mehr als ein Archegonium desselben Prothallium befruchtet. Die übrigen verkümmern; der Inhalt ihrer Centralzellen verschrumpft zu einem unregelmässig gestalteten Ballen dunkelbrauner Substanz; alle Zellenmembranen des Archegonium bräunen sich; eine Färbung, welche dann und wann auch auf die Häute angränzender Zellen des Prothallium übergeht (T. II f. 24).

Das vierzellige Rudiment des Embryo wächst gegen den Mittelpunkt des kugeligen Prothallium hin durch wiederholte Theilung seiner dem Ausführungsgange des Archegonium abgewendeten Zellen. Gleichzeitig beginnt eine lebhafte Vermehrung der einen seitlichen Zelle, welche das spitzere Ende der eyförmigen Embryoanlage einnimmt. Sie theilt sich durch eine verticale zur horizontalen Achse des Embryo spitzwinklige Wand. Die äussere der neu entstandenen Zellen wird durch eine der letztgebildeten Wand rechtwinklig angesetzte senkrechte Scheidewand sofort auf's Neue getheilt. In der jeweiligen Scheitelzelle des auf solche Weise hervortretenden Auswuchses des Embryo wiederholt sich längere Zeit hindurch die Theilung durch wechselnd nach zwei Richtungen geneigte Wände (T. III f. 4, 5, 8). Diese bis zu einem gewissen Punkte stetig sich verlängernde seitliche Sprossung der rudimentären jungen Pflanze ist der erste Wedel.¹⁾

1) Der Ausdruck „Wedel“ ist nicht wohl zu entbehren für die das Laub darstellenden seitlichen Sprossungen, gemeinhin beschränkter Längsentwicklung, der Hauptachse der grossen Mehrzahl der Gefässkryptogamen. Eine wissenschaftliche Bedeutung kann dem Worte gegeben werden durch seine ausschliessliche Anwendung auf Zweige begränzten Wachstums und blattähnlicher Bildung. In diesem Sinne mögen die Stengel der Marchantieen und Riccieen, die blattlosen Halme vieler Juncus-Arten, die blattartigen Zweige von Ruscus u. A. mit Fug und Recht Wedel genannt werden. — Die Farrnwedel für Blätter zu erklären, dawider spricht, wie ich anderen Orts (S. 88 meiner Schrift „Vergleichende Untersuchungen höherer Kryptogamen“ u. s. w. Leipzig 1854) erörtert, das Vorkommen von Spreublättern auf den Wedeln aller Farrn im engsten Sinne; die Entwicklung des fruchttragenden Wedels der Ophioglossen und Botrychien aus dem sterilen; vor Allem aber die Entstehung neuer Jahrgänge von Wedeln der Ophioglosseen als Adventivsprossen (Vergleichende Untersuchungen T. XVI f. 28), aus der Vermehrung von Zellen des untern Endes des Gefässbündels des nächst älteren Wedelpaares, analog der Bildung neuer Jahresschossen des *Tamus elephantipes* (Mohl, Vermischte Schriften S. 486; — will man die Entstehung von Adventivsprossen an bestimmt vorgezeichneten Stellen im Innern des Gewebes zum Vergleichungs-

Die aus der Theilung der (primären) Scheitelzelle des Wedels hervorgehenden Zellen zweiten Grades werden durch radiale Längswände getheilt. Jede der tertiären Zellen theilt sich, durch den Sehnen der gewölbten freien Aussenflächen parallele Wandungen, in eine innere und eine äussere Zelle. In der letzteren tritt eine zur nächst vorher entstandenen rechtwinklige, in Bezug auf die Längsachse des Wedels radiale Wand auf; acht peripherische Zellen umschliessen nahe unter der fortwachsenden Wedelspitze vier axile. Die ursprünglich von oben und unten abgeplattete Gestalt des Wedels (T. III f. 3, 10, 11) wandelt sich durch diese Zellenvermehrung allmählig in die konische um (T. III f. 13). Durch wiederholte Theilung der Zellen seines Umfanges mittelst radialer Längswände, wechselnd mit solchen den Tangenten der freien Aussen-

punkte nehmen, so ist auch die normale Verzweigung der Equisetaceen als ähnlicher Fall anzuführen: [Vergleichende Untersuchungen S. 94]). Noch deutlicher für die Zweignatur der Wedel redet vielleicht die Entwicklungsgeschichte der bei Ophioglossum häufig erscheinenden Wurzelbrut. Aus der Vermehrung einer Cambialzelle des Gefässbündels, welches die Längsachse der weit kriechenden Adventivwurzel durchzieht, geht ein rudimentärer Wedel hervor, dessen Vorderseite ein zweiter Wedel entsprosst, noch während der erste im Parenchym der Wurzelrinde verborgen ist. — Es kann kein Grund wider die Zweignatur der Wedel sein, dass sie nachweislich nicht in den Achseln von Blättern (Spreuschuppen) der Hauptachse entstehen. Die aus den Wachsthumerscheinungen der Phanerogamen abgeleiteten morphologischen Regeln — Regeln, die zudem nicht ohne weitgreifende Ausnahmen sind (ich erinnere an das Verhältniss des Pedunculus der Asclepiadeen zu dem mit ihm auf gleicher Höhe entspringenden Blattpaare) — können nicht ohne Weiteres auf die Kryptogamen angewendet werden. Aechte Dichotomie, Gabelung der Endknospe oberhalb der jüngsten Blätter ist eine sehr vielen Kryptogamen, namentlich den Selaginellen und den Lycopodien, normal zukommende Lebenserscheinung.

Minder klar, als die Zweignatur der Wedel der Polypodiaceen, ist die Wedelnatur des pfriemlichen Laubes der Isoëteen. Es steht ihr entgegen die (von Karl Müller bereits hervorgehobene: Berliner botan. Zeitg., Jahrg. 1848 Sp. 335) Aehnlichkeit des Lebensprocesses des Nebenblattes der Selaginellen mit dem Spreublatt (der Schuppe) der Isoëteen. Die Art der Entwicklung beider Organe ist indess insofern eine etwas verschiedene, als das Spreublatt der Isoëten aus Vermehrung einer einzigen Zelle, das Nebenblatt der Selaginellen aus Vermehrung einer Zellreihe hervorgeht. — Dass ich Organe, die so viel Gleichartiges zeigen, wie die Blätter von Selaginella und die Wedel von Isoëtes, in dem einen Fälle Blätter, im anderen Zweige nenne, beruht einestheils auf der Uebereinstimmung des ersten Wedels des Isoëtes-Embryo in Entwicklung und zum Theil auch in Stellung mit dem ersten Wedel der Farn; anderntheils darauf, dass bei Isoëtes dem Wedel die Fruchtbildung zugetheilt ist, die bei Selaginella ausschliesslich dem Stengel obliegt; an der die Blätter entschieden keinen Theil haben.

wände parallelen wächst der Wedel ferner in die Dicke. Hat er eine gewisse Stufe der Entwicklung erreicht, so wird sein Längenwachstum sehr beschleunigt durch den Eintritt einer Quertheilung seiner meisten Zellen. Diese Vermehrung hebt an nahe unter der Spitze des Wedels und schreitet von da vor einerseits gegen die Basis, andererseits gegen den Scheitel, insofern sie in die nach ihrem Beginn gebildeten Zellen der Wedelspitze sich fortsetzt. Die Zellen des Umfangs theilen sich zuerst; von ihnen rückt die Vermehrung gegen die Längsachse, ohne die vier dieser angrenzenden Zellreihen zu erreichen. Diese bleiben doppelt so lang, als die Zellen der peripherischen Schichten; sie sind bestimmt, durch wiederholte Längstheilungen später zum Gefäßbündel sich umzubilden (T. III f. 13).

Der erste Wedel spreizt entweder rechtwinklig von der Längsachse des Archegonium und des Embryo (T. III f. 5, 13); oder er strebt aufwärts, oft in so spitzem Winkel, dass sein Scheitel in die obere Wölbung der Centralzelle des Archegonium sich drängt (T. III f. 3, 6, 8). Dieser Fall ist der häufigste; sehr selten dagegen richtet der Wedel sich abwärts, gegen das Centrum des Prothallium (T. III f. 7).

Schon zu der Zeit, da der Wedel in Richtung seiner Längsachse nur vier bis sechs Zellen zählt, beginnt die freie Aussenwand der einen Zelle sich blasig zu wölben, welche die Mitte des Grundes der oberen, dem Scheitel des Prothallium zugewendeten Wedelfläche einnimmt (T. III f. 10). Die Ausstülpung schwillt zu einem an der Ober- und Unterseite abgeplatteten Ellipsoïd an, und wird durch eine Scheidewand vom ursprünglichen Raume der Mutterzelle getrennt (T. III f. 11). Die rundliche, einem kolbigen Haare nicht unähnliche Zelle, welche der Basis der Vorderseite des Wedels nun ansitzt, ist die Anfangszelle des einzigen Spreublattes (Schuppe der Autoren), welches er hervorbringt. Ihre ersten Theilungen ähneln völlig denen der Zelle ersten Grades einer Brutknospe von *Marchantia* oder *Lunularia*.¹⁾ Die Zelle wird zwei bis dreimal durch Querwände getheilt, welche, zur künftigen Längslinie des Spreublatts rechtwinklig, auf dessen Flächen senkrecht stehen (T. III f. 12). Demnächst theilt sich die Scheitelzelle, nach ihr auch die tieferen Zellen durch eine zur vorher gebildeten Querwandrechtwinklige Längswand. Die Theilhälften vermehren sich, nach dem Auftreten

1) Vergleichende Untersuchungen S. 50.

neuer Querwände in jeder der beiden oberen (T. VIII f. 7), durch die Entstehung den freien Aussenrändern des Spreublatts paralleler Wände, denen in den äusseren der neugebildeten Zellen zum Aussenrand rechtwinklige Scheidewände folgen. Das Organ, jetzt stumpf-spatelförmig (T. X f. 4, 6), fährt fort, die Zahl seiner Zellen durch Theilung derer seines Umfangs mittelst ziemlich regelmässig wechselnd längs und quer gestellter Wände zu vermehren. Diese Thätigkeit der Zellen endet weit früher an der Spitze des Blattes, als an seiner Basis. Hier findet eine (intercalare) Vermehrung der Zellen vorwiegend in die Länge statt, noch geraume Zeit, nachdem die Theilungsfähigkeit der Zellen der Blattspitze aufhörte.

Alle diese Theilungswände stehen senkrecht auf den Flächen des Spreublattes. Schon früh aber treten auch den Flächen der Schuppe parallele Wandungen in den Zellen ihrer Mitte auf (T. III f. 13; T. IV f. 1). Von hier rückt diese Theilung vor gegen die in intercalarer Längs- und Breitenvermehrung begriffenen Zellen des Blattgrundes. In den der Basis nächsten wiederholt sie sich bisweilen, so dass hier das erste Spreublatt aus drei, im Uebrigen aus zwei Zellschichten besteht, mit Ausnahme des Randes und der Spitze, die stets eine einfache Zellfläche darstellen. Einzelne Zellen des Randes wachsen zu ziemlich langen spitzen Papillen aus.

In allen Hauptpunkten stimmt die Entwicklung der Schuppe von Isoëtes überein mit der der Spreublätter der Farrnkräuter. Nicht allein ist die Regel der frühesten Vermehrung der einzigen Anfangszelle bei beiden wesentlich die Gleiche — sie beruht bei beiden auf dem Wechsel unter einander rechtwinkliger Längs- und Quertheilungen; — sondern beide haben mit einander auch gemein den späteren Eintritt intercalarer Zellenvermehrung des Grundes, die Art der Vermehrung der Zellschichten der Mitte, endlich die dem Organe, dessen Anhängsel sie sind, rasch vorauseilende Entwicklung und den zeitigen Tod.

Unmittelbar nach der Anlegung des Spreublattes beginnt am Grunde des Wedels die Bildung einer die Schuppe und einige Zellen unter ihr umfassenden Scheide. Zunächst durch Wölbung nach aussen der freien Aussenwände eines jene Theile umgebenden Kranzes von Zellen (T. III f. 10, 11) bildet sich eine gegen die Vorderfläche des Wedels geöffnete hufeisenförmige wulstige Erhebung (T. III f. 12), welche bei Eintritt der intercalaren Zellenvermehrung der Wedelbasis durch je in den

Scheitelzellen sich wiederholende Theilung mittelst wagrechter Wände zur ziemlich hohen Ringscheide emporwächst (T. III f. 13; T. IV f. 1).

An der Ursprungsstelle des Spreublattes wächst der Wedel nicht in die Dicke; dicht über dem Grunde erscheint seine Vorderseite schräg einwärts gebogen (T. III f. 12, 13; T. IV f. 1). In seinem untersten Theile wird das ihn durchziehende Gefässbündel excentrisch, der Vorderfläche nahe gerückt.

Die primäre Achse der Keimpflanze, welche beim Auftreten des ersten Wedels aus nur wenigen Zellen bestand, hat während der Entfaltung jenes und der Bildung seines Spreublatts an Länge, wie an Umfang erheblich zugenommen, mehr noch durch Dehnung, als durch Vermehrung ihrer Zellen. Sie stellt jetzt eine halbkugelige, gegen den Mittelpunkt des Prothallium gerichtete beträchtliche Hervorragung des Embryo dar, deren einer Seitenfläche der Wedel ansitzt (T. III f. 1, 2, 4, 12, 13).

Auch an ihrer entgegengesetzten Seitenfläche hat jetzt ein Zellvermehrungsprozess begonnen: die Anlegung der ersten Wurzel, einer Adventivwurzel, gleich allen Wurzeln der Gefässkryptogamen. Ihre Entwicklung hebt an mit der Vermehrung einer Zelle des inneren Gewebes des Embryo: — der durch eine Zellschicht von der Oberfläche der Keimpflanze getrennten Zelle, welche der Anfangszelle des ersten Wedels gegenüber liegt (rc. der f. 12 der T. III). Diese Zelle theilt sich in dauernd wiederholter Folge durch einander gegenständige Querwände, bildet wechselnd über und unter der primären Zelle liegende Zellen zweiten Grades. Die unteren entstehen durch das Auftreten einer nach unten schwach convexen Wand; sie haben bei der Bildung die Form von Menisken. Ihre Vermehrung erfolgt nach nur zwei Richtungen; alle in ihnen sich bildenden Scheidewände stehen senkrecht auf der gewölbten oberen und unteren Fläche der Zelle, deren gesammte Nachkommenschaft je eine der in einander geschachtelten kappenförmigen Zellschichten darstellt, welche die äusserste Spitze der Wurzel umhüllen und während des Wachstums derselben allmähig von aussen her sich abblättern (T. III f. 13; T. IV f. 1, 2). — Bevor nach Bildung einer unteren secundären Zelle die Zelle ersten Grades durch eine der letztentstandenen Scheidewand gegenständige sich theilt, treten in ihr auf dreimal hinter einander der Längsachse der Wurzel parallele Wände, deren eine der Aussenseite der Wurzel (der dem Vegetationspunkte der

Keimpflanze abgewendeten) zugekehrt ist. Die beiden anderen Theilwände sind rechtwinklig zu dieser. So bilden sich drei seitliche Zellen zweiten Grades, welchen die Entstehung einer minder hohen oberen, durch Theilung der primären Zelle mittelst einer Querwand nachfolgt (T. XIII f. 1—4). Ich werde die ersteren drei die äusseren, die zweite die innere der oberen secundären Zellen nennen. Beide Arten von oberen Zellen zweiten Grades, die seitlichen wie die ihnen nachfolgenden, vermehren sich nach allen drei Richtungen. Ihre Theilungen wiederholen sich öfter und dauern länger an, als die der unteren secundären Zelle, welche der nämlichen Theilungsperiode der primären angehört.

Die Bildung seitlicher Zellen zweiten Grades zieht eine sehr beträchtliche einseitige Verdickung der Wurzel nach sich. An ihrer, der künftigen Ursprungsstelle der zweiten Wurzel abgewendeten Seite nimmt ihr Durchmesser weit schneller zu, als an der entgegengesetzten. In Folge davon erscheint jede neue kappenförmige Hüllschicht der Wurzelspitze schiefer angesetzt als die vorhergehende; reicht an der dem Vegetationspunkte der Pflanze zugewendeten Seite der Wurzel höher hinauf, als an der entgegengesetzten.

Jede neu entstandene innere der oberen Zellen zweiten Grades wird zuerst durch eine zur Achse der Wurzel einwärts geneigte Wand in ungleiche Längshälften getheilt, deren innere, nach dem Vegetationspunkte der Keimpflanze hinliegende, die kleinere ist. Beide vermehren sich sofort nach allen drei Richtungen. Von ihren Theilhälften bleiben die beiden der Längsachse der Wurzel angränzenden innersten, einander zugewendeten Zellen in der Theilung durch (zur Längsachse der Wurzel rechtwinklige) Querwände hinter allen übrigen um einen Schritt zurück. Dafür werden sie getheilt, jede zweimal, durch unter sich rechtwinklige Längswände. So tritt in der Wurzel ein excentrischer, der Innenseite näherer Strang von sechzehn Längsreihen gestreckter Zellen auf, die Anlage zum Gefässbündel (T. IV f. 2). Die Zellen der Aussenfläche des (im Gegensatze zur nach und nach abblätternden Wurzelhaube) bleibenden Theils der Wurzel theilen sich einmal öfter durch radiale Längs- und durch Querwände, als die des Innern; die Oberhaut der Wurzel besteht aus tafelförmigen Zellen, viermal kleiner als die von Innen ihnen angränzenden. Diese Theilungen der Aussenfläche-Zellen erfolgen noch innerhalb der von den vergänglichen kappenförmigen Hüllschichten der Wurzelspitze geschützten Region; an der Aussenseite

der Wurzel, wo diese Hüllen minder weit hinauf reichen, früher (der Wurzelspitze näher) als an der inneren (T. IV f. 2; T. XIII f. 2).

An der kaum borstendicken ersten Wurzel des Keimpflänzchens fallen einige dieser Verhältnisse, in Folge der untergeordneten Entwicklung des zur Bildung der Wurzelrinde bestimmten Gewebes, nur wenig in die Augen. Sie zu erläutern musste ich vorgreifend den Entwicklungsgang der starken Wurzeln mehrjähriger Individuen besprechen.

Die eine Zelle unterhalb der Insertionsstelle des Spreublattes des ersten Wedels, welche dessen scheidig werdender Grund umfasste, ist der Vegetationspunkt der (secundären) Hauptachse der Pflanze; auf diese eine Zelle ist zu dieser Zeit die Endknospe des Embryo beschränkt. Bei Entfaltung der Knospe theilt sich die Zelle durch wechselnd nach entgegengesetzter Richtung geneigte Scheidewände. Die Linien, in denen diese Wände einander schneiden, sind rechtwinklig zur Vorderfläche des ersten Wedels.

Bis zur höchsten Ausbildung der Pflanze vermittelt die dauernd wiederholte gleiche Theilung der Scheitelzelle des Stammes dessen ferneres Wachsthum. Die Richtung der in ihr auftretenden Scheidewände bleibt dabei beständig die nämliche: rechtwinklig zur grossen Achse des ellipsoidischen Querdurchschnittes des Stammes, parallel der Furche der Unterseite desselben.

Die Vermehrungsweise der so entstehenden Zellen zweiten Grades gleicht im Allgemeinen der oben geschilderten derer des ersten Wedels. — Nach der Bildung der zweiten secundären Zelle entsteht, an der dem ersten Wedel abgewendeten Seite des Endes der Hauptachse, der zweite Wedel aus Vermehrung der jüngsten Zelle zweiten Grades der Stammknospe. Die Art seiner Entwicklung entspricht völlig der des ersten (T. III f. 42, 43; T. IV f. 4). Seine Anlegung folgt unmittelbar dem Sichtbarwerden der ersten Wurzel; mit seiner Entfaltung hält das Emporwachsen der ihn umhüllenden Scheide des ersten Wedels ziemlich lange Schritt. Hat der zweite Wedel eine Höhe von drei bis vier Zellen erreicht, dann beginnt plötzlich an der Spitze des ersten, der in Folge der Vermehrung seiner Zellen in Richtung der Länge bis ziemlich an die Peripherie des Prothallium vorrückte (T. III f. 43), eine bedeutende Längsstreckung der Zellen, in denen jetzt Chlorophyll auftritt. Der Wedel durchbricht das Prothallium, erscheint als grünes Spitzchen

ausserhalb desselben, und verlängert sich rasch (binnen 48 bis 96 Stunden gewöhnlich um mehr als 4 Zoll), indem die Längsdehnung der Zellen von der Wedelspitze gegen die noch jetzt in Zellenvermehrung begriffene Wedelbasis vorschreitet. — Bei meinen Aussaatversuchen durchbrachen die ersten Wedel keimender Sporen die Prothallien Ende September, 6 Wochen nach der Aussaat. Von da ab erschienen, fortwährend einzeln, durchbrechende Wedel bis Mitte Januar, wo ihre Zahl plötzlich bedeutend abnahm. Von Anfang Februar bis gegen Ende März wurden keine neuen Keimpflänzchen sichtbar; mit dem Eintritte des Frühlings aber kamen sofort deren wieder zum Vorschein, bis Mitte April immer zahlreicher werdend. Noch Mitte Mai enthielten fast alle untersuchten, vom Episorium umschlossenen Prothallien, die von der Aussaat Mitte August des vorhergehenden Jahres herrührten, Embryonen verschiedener Entwicklungsstufen. So bei der Zimmercultur; es ist wahrscheinlich, dass im Freien die im Herbst das Prothallium durchbrechenden Embryonen während des Winters zu Grunde gehen; dass nur die im Frühjahr aufgehenden Keimpflänzchen zu weiterer Entwicklung gelangen.

Bald nach dem ersten Wedel durchbricht auch die erste Wurzel das Prothallium. Sie krümmt sich abwärts, dringt in den Schlamm, so dass der Wedel senkrecht aufstrebt. Das Prothallium sitzt dem Embryo jetzt seitlich an. Die dünne Zellgewebsmasse seines Scheitels umfasst ringförmig den Theil des Keimpflänzchens zwischen der Wurzel und der Vorderfläche des Wedels. Das grosszellige stumpfe Ende der primären Achse der jungen Pflanze ragt in den Haupttheil des Prothallium, dessen Zelleninhalt, wie auch der der Zellen der ersten Achse der Pflanze, von jetzt ab allmählig in wasserklare Flüssigkeit sich umwandelt.

Nach dem Durchbruch von Wedel und Wurzel tritt ein etwa einmonatlicher Stillstand in der Weiterentwicklung des Keimpflänzchens ein. In dem ersten Wedel und der ersten Wurzel dauert Dehnung und auch Vermehrung der Zellen fort; im ersteren durch intercalare Vermehrung der Zellen der Wedelbasis, in letzterer durch das Wachsthum der Spitze. Aber nur sehr langsam und allmählig geht die Anlegung neuer Wedel und Wurzeln vor sich.

Erst nach dem Hervorbrechen aus dem Prothallium erfolgt die schon oben (S. 434, 437) erwähnte zweimalige Längstheilung des Stranges gestreckter Zellen, welcher im Innern von Wedel und Wurzel sich

differenzirte. Die Theilungen scheinen in der ganzen Länge beider unter der Endknospe sich vereinigenden Zellstränge gleichzeitig zu erfolgen (T. IV f. 2). Auch noch nach Anlegung des Gefässbündels dauert, wenn auch in minderm Maasse, die Theilung durch Querwände der Basalzellen des Wedels, an der auch die Zellen des zum Gefässbündel werdenden Stranges ab und zu Theil nehmen. Völlig ausgenommen davon ist eine unpaare Längsreihe von Zellen, welche in der Mitte der Vorderseite des Gefässbündels durch nachträgliche Längstheilung einer Reihe von Cambialzellen auftritt. In diesen unpaaren Zellen, deren Länge bei dem völligen Unterbleiben jeder Quertheilung die aller Nachbarinnen weit übertrifft, treten bald Verdickungsschichten auf, Ringfasern, stellenweis in Spiralfasern übergehend (T. IV f. 4). Das fortwauernde Längenwachsthum des umgebenden Gewebes dehnt das junge Gefäss bis zur Verzerrung, entfernt die einzelnen Ringfasern weit von einander (T. V f. 4).

In ähnlicher Weise erscheinen an der Innenseite der Gefässbündelanlage der Wurzel eine Reihe lang gestreckter Spiral- und Ringfasernzellen, gleich den Gefässzellen des Wedels von prosenchymatischer Form. Da wo die Vorläufer¹⁾ der Gefässbündel von Wedel und Wurzel unterhalb des Rudiments des zweiten Wedels sich vereinigen, im ersten Knoten der Pflanze, nehmen mehr als eine der Längsreihen der Cambialzellen prosenchymatische Form an; in ihnen allen bilden sich Verdickungsschichten (T. IV f. 4; T. V f. 1, 2). Diese Zellen, das erste Rudiment des Holzes, von kurzspindelförmiger Form (auf die ihnen benachbarten erstreckte sich nicht die intercalare Quertheilung), ähneln in ihrer Gestalt bereits ziemlich den Zellen, aus welchen die Hauptmasse des Holzkörpers der erwachsenen Pflanze bestehen wird.

Von den Zellen des Gewebes, welches dem Gefässbündel des Wedels wie dem der Wurzel angränzt, treten frühe schon viele an ihren Kanten aus dem Zusammenhange; in den Intercellularräumen wird Luft ausgeschieden. Bald vertrocknet das luftgefüllte Gewebe, verschwindet endlich völlig; es bilden sich weite Luftlücken; — wie bekannt, im Wedel vier der Achse parallele cylindrische Hohlräume, welche durch stehenbleibende Zellflächen in eine Reihe von Fächern getheilt werden;

1) Précurseurs Mirbel.

in der Wurzel eine grosse Luftlücke vor und neben dem excentrischen Gefässbündel.

Während der Grund des zweiten Wedels die Endknospe zu unterscheiden beginnt, bildet diese ihm gegenüber, vor dem ersten, den dritten Wedel (T. V f. 4). Gleichzeitig hebt die Bildung der zweiten Wurzel an. Sie entsteht unter dem zweiten Wedel, der ersten Wurzel gegenüber, dicht neben dem ersten Knoten, aus der Vermehrung einer, dem zum Gefässbündel werdenden Zellstrange benachbarten Zelle; völlig in der nämlichen Weise wie die erste Wurzel, mit der sie einen nach unten geöffneten Winkel von beiläufig 30° bildet. Eine durch die Längsachse des ersten und zweiten Wedels wie der ersten Wurzel gelegte Ebene halbirt in der Regel auch sie (T. VI); kleine seitliche Abweichungen der Richtung sind indess nicht selten (T. V f. 2). In ihrer Längsentwicklung dehnt die Wurzel die äusserste Zellschicht des rudimentären Stämmchens des Keimpflänzchens beträchtlich aus, bevor sie dieselbe durchbricht (T. VI).

Die Anlage zur dritten Wurzel wird, analog der ersten und zweiten, erst dann sichtbar, wenn der dritte Wedel schon einen gewissen Grad der Längsentwicklung erreicht hat. Sie entspringt, wie die zweite, aus der Vermehrung einer, dem unteren Ende des Gefässbündel-Vorläufers des dritten Wedels und dem rudimentären Holzkörper des Keimpflänzchens angränzenden Zelle, somit dicht links über der Ursprungsstelle der ersten Wurzel. In ihrer Entwicklung wendet sie sofort sich etwas seitwärts; sie bahnt ihren Weg durch das Rindengewebe des Stammes der Keimpflanze in von der ersten Wurzel um etwa 30° seitlich divergirender Richtung.

Auch der vierte und die nächstfolgenden Wedel, mindestens bis zum achten, ordnen sich nach $\frac{1}{2}$.¹⁾ Die Anlegung jedes neuen Wedels erfolgt geraume Zeit vor Aufhören des Wachstums (der Zellenvermehrung des Grundes) des nächstvorhergehenden. Der unterste Theil des Rückens der Wedel geht ein in die Bildung der Rinde des Stammes, gleich der Basis der Blattunterseite der Equiseten, Lycopdiaceen und Phanerogamen. Die $\frac{1}{2}$ Stellung der Wedel bedingt eine überwiegende Zunahme der Masse des Rindengewebes an zwei einander gegenüber-

1) Wie Alex. Braun bereits 1847 nachwies (Flora S. 135) und als nächste Ursache der zweitheiligen Form des Stammes der Isoëtes andeutete.

liegenden, den Rückenflächen der Wedel entsprechenden Stellen des Stammumfanges. Hier entwickelt sich die Rinde zu zwei fleischigen, vom Holzkörper des Stammes schräg abwärts spreizenden, an der Basis (in Folge der Erstarkung jedes neu entstehenden Wedels) breiteren Fortsätzen, die durch eine flache, zur grossen Horizontalachse des Stammes rechtwinklige Einkerbung von einander getrennt sind: die erste Anlage der charakteristischen Furche der Unterseite des Stammes.

Mit der Entfaltung jedes jüngeren Wedels, mit dem Wachsthum in die Dicke seiner Basis geht in gleichem Schritt die Zellenvermehrung in Umfang und Durchmesser des älteren Theils des Stammendes, wie des von ihm getragenen, den jungen Wedel umscheidenden Grundes seines Vorgängers. Die lebhafte Zunahme der Zellenzahl um das obere Ende der Längsachse rückt die früher entstandenen Theile des Stammumfanges immer weiter nach aussen. Sie vermögen diesem Drängen längere Zeit zu folgen durch Dehnung ihrer Zellen, vorwiegend in Richtung der Tangenten. In der durch die kleine horizontale Achse des Stammes gelegten Ebene aber unterbleibt diese Dehnung fast völlig. Schon frühe reisst hier das Rindenparenchym von aussen (seitlich und von unten) her ein; die Furche der Stammunterseite wird dadurch sehr vertieft.

Kurz nach der Anlegung jedes neuen Wedels entsteht seitlich unter ihm eine neue Wurzel; die vierte neben der zweiten; der dritten schief gegenüber. Die Anfangszelle der fünften Wurzel liegt neben der ersten, gerade gegenüber der dritten. Die sechste entspringt neben der zweiten, schief gegenüber der fünften. Die Ursprungsstellen der Wurzeln des ersten Jahres¹⁾ fallen somit sämmtlich in eine durch die Einkerbung der Unterseite und die Endknospe des Stammes gelegte Ebene. Die Wurzeln entwickeln sich in aufsteigender Ordnung; jede neu auftretende Wurzel entspringt etwas höher und der Längsachse des Stammes ferner, als die zweitvorhergehende, ihre nächste Nachbarin nach unten. Die Anfangspunkte der Wurzeln der ersten Vegetationsperiode bilden zusammen einen nach unten schwach convexen Bogen (T. VIII f. 2). — Wie die dritte, sind auch die folgenden Wurzeln in ihrer Entwicklung genöthigt, um den Gefässbündeln ihrer Vorgängerinnen auszuweichen, während des Durchbruchs durch die Rinde von jenen ab-

1) Wie auch die aller folgenden Vegetationsperioden.

wärts gegen die immer schärfer hervortretende Furche des Stammes sich zu beugen. Divergirte die dritte Wurzel rechts von der Längsachse des elliptischen Stammquerschnitts, so wird die vierte nach links von ihr ablenken; die fünfte gleichfalls links; die sechste rechts und so fort. Jede neue Wurzel convergirt in spitzerem Winkel zur kleinen Horizontalachse des Stammes, die letzten des ersten Jahres der Pflanze sind ihr und der Furche der Stammunterseite ziemlich parallel (T. VIII f. 3^b).

Die Wurzeln, während des Durchbruchs durch die Rinde scharf nach unten sich krümmend, treten auf der unteren Fläche des Stammes in zwei der Einkerbung desselben ziemlich parallelen Reihen hervor. Die Durchbruchstellen lassen sich betrachten als eine langgezogene Ellipse geordnet.¹⁾ Die dem Centrum des Stammes zunächst hervortretenden tiefsten Wurzeln sind die ältesten, die an den breiten Seitenrändern hervorsprossenden höchsten die jüngsten. Die Gefässbündel der dritten und der folgenden Wurzeln, excentrisch gleich denen der ersten und zweiten, sind der der Stammfurche zugewendeten Seite der Wurzel angerückt; die Excentricität bezieht sich nicht auf die Längsachse des Stammes, sondern auf die durch diese und die Stammkerbe gelegte Ebene, in welche die Ursprungsstellen der Wurzeln fallen.

Das Gewebe der Region des Stammes, in welcher die dicht an einander gedrängten horizontalen Anfangsstellen der zu Wedeln abgehenden Gefässbündel zusammentreffen, bildet sich zum aufwärtswachsenden Theil des verhältnissmässig schwachen Holzkörpers um, welcher ohne ein Mark einzuschliessen die Längsachse des Stammes einnimmt.

In der Keimpflanze, so lange die $\frac{1}{2}$ Stellung der Wedel dauert, ist diese obere Hälfte des Holzkörpers von zweischneidiger Gestalt. Ihre meist spindelförmigen Zellen — Netz- und Spiralfaserzellen gemischt mit wenigen zartwandigen — haben ziemlich die gleiche Richtung; sie sind parallel dem grösseren Querdurchmesser des Holzkörpers (T. VII f. 2, 3; T. IX f. 1^b); ein Längsschnitt durch die Stammfurche durchschneidet quer sämtliche Holzzellen (T. VIII f. 1, 2). Mit dem Uebergange der Anordnung der Wedel durch die $\frac{1}{3}$ in die $\frac{2}{5}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{5}{13}$, $\frac{8}{21}$ Stellung wird der obere Theil des Holzkörpers drehrund, Richtung und Form seiner Zellen sehr mannigfaltig, dem ersten Blicke

1) Mohl, vermischte Schriften S. 127.

anscheinend regellos; besonders dadurch, dass jetzt noch viele andere, als die ursprünglichen Gefässbündelzellen in die Holzbildung eingehen. Es werden auch solche Zellen zu Spiralfaserzellen, die zwischen den convergirenden Anfangsstücken der Gefässbündel liegen; eben dadurch schliesst die Holzmasse zur Cylinderform sich ab.

Die dicht an einander gedrängten Anfangsstellen der Wurzeln stellen die untere Hälfte der Holzmasse dar: eine nach oben concave, bogenförmige Aneinanderreihung von Spiralfaserzellen, rechtwinklig zur grösseren Horizontal-Achse der im ersten Jahre zweischneidigen oberen Holzmasse.

Am Schlusse der ersten Vegetationsperiode der Keimpflanze füllen sich die Zellen der Rinde mit Amylumkörnern, untermischt mit einigen wenigen Oeltröpfchen. Die den Holzkörper zunächst umschliessenden Zellen aber bleiben vermehrungsfähig. Sie theilten sich schon einige Zeit vor Eintritt der ersten Winterruhe ein – bis dreimal durch der Längsachse des Holzkörpers parallele Wände. So bildete sich ein den Holzkörper seitlich und von unten vollständig umschliessender Mantel von Cambium, der nach oben übergeht in das entwicklungsfähige Zellgewebe der Endknospe.

Mit dem Wiedererwachen der Vegetation im zweiten Frühjahre beginnt eine lebhafte Vermehrung der Zellen dieser Cambialschicht. Die Zunahme an Masse hält gleichen Schritt mit dem Wachsthum in die Dicke des aus Entfaltung der Endknospe hervorgehenden neuen Stammtheils. Am Bedeutendsten ist die Vermehrung der Cambialzellen an den Seiten des Holzkörpers; schwächer in der, den unteren halbmondförmigen Theil des Holzkörpers umhüllenden Hälfte des Cambium.

Die Entwicklung des Cambium drängte das mit assimilirten Stoffen gefüllte Rindengewebe nach aussen. Die sie durchziehenden Gefässbündel wurden dabei sehr bedeutend in die Länge gedehnt, doch nicht sofort bis zur Zerstörung. Augenscheinlich dauert noch die Lebensthätigkeit der Gefässbündelzellen; sie folgen durch eigene Dehnung ihrer Wände der Ortsveränderung des sie umgebenden Gewebes. Nur die Verdickungsschichten der Gefässe wurden während dieser Vorgänge wesentlich verändert; auf kleine Strecken aufgelöst, stellenweis verzerrt, so dass jede Spur von Ordnung ihrer Stellung aufhört (T. XII f. 3). — Auch die Funktion des Gefässbündels scheint noch nicht zu Ende mit dem Beginn der seiner Entstehung nachfolgenden Vegetationspe-

riode. Das in den Zellen der nach aussen gedrängten vorjährigen Rinde enthaltene Amylum und Oel wird allmählig aufgesaugt und den fortwachsenden Theilen der Pflanze zugeführt. Bei Ende jedes Vegetationsjahres enthalten die Zellen der vorjährigen Rinde nur wasserhelle Flüssigkeit. Die Nahrungsstoffe, welche in den Rindenzellen aufgespeichert sind, den fortwachsenden Theilen der Pflanze zuzuleiten giebt es keinen andern Weg, als die durch Entwicklung des ihre Basen umgebenden Cambium bereits in die Länge gezerrten Gefässbündels.

Die nach aussen gedrängte alte Rinde stirbt von der Peripherie her allmählig ab; ihre Zellwandungen färben sich tiefbraun, endlich wird sie zerstört. Die neue Rinde verhält sich der alten ähnlich darin, dass ihre Zellen in dem die Stammfurche auskleidenden Theile nur wenig in die Breite sich dehnen. Die Einkerbung des Stammes, die schon durch die mindere Entwicklung der ihr entsprechenden Region des Rinde bildenden Cambium tiefer erscheint als im vorhergehenden Jahre, wird es noch mehr durch das regelmässige Einreissen des nicht quer gestreckten Gewebes der Rinde von den Seiten her.

Mit der von ihnen durchsetzten Rinde wurden die vorjährigen Wurzeln weit nach aussen und unten gerückt. Gleich jener färben sie sich tiefbraun und sterben ab.

Die neuen Wurzeln, bestimmt zur Ernährung der Pflanze in der laufenden Vegetationsperiode, entstehen an der convexen Kante des unteren, halbmondförmigen Theiles des Holzkörpers aus Vermehrung einzelner dem Holze benachbarter Cambialzellen. Die Regel ihrer Zellvermehrung entspricht in fast allen Punkten der oben geschilderten der ersten Wurzel; weicht nur darin ab, dass während des Durchbruchs durch die Stammrinde die vergänglichen Zellschichten der Wurzelhaube sehr überwiegend sich entwickeln, die bleibende Rindenschicht der Wurzel dagegen sehr schwach (T. XVI f. 5).

Die erste der zweijährigen Wurzeln bildet sich dicht unter dem Ursprungsorte der ersten Wurzel der Keimpflanze, da wo die Entwicklung des Cambium das Gefässbündel der zum Abwerfen bestimmten Wurzel an seiner Ansatzstelle abgerissen hat. Die zweite Wurzel entspringt unter der Einfügungsstelle der zweiten vorjährigen, die dritte unter der dritten jener, und so fort. — Auch in ihrer Richtung entsprechen die neuen Wurzeln völlig den älteren. Die beiden ersten, einander gegenüber entspringenden streben von den Seitenflächen des

Niederwuchses des Holzes hinwegekrümmt unter sich; sie brechen einander gegenüber senkrecht unter der Endknospe zu beiden Seiten der Stammfurche hervor. Die dritte und die folgenden Wurzeln biegen sich mehr und mehr seitlich; die letzten beiden Wurzelpaare einer Vegetationsperiode durchlaufen die Rinde wiederum so ziemlich der Stammfurche parallel. Alle Wurzeln beschreiben, während sie die Rinde durchwachsen, einen zur Einkerbung des Stammes concaven flachen Bogen. Ein Längsschnitt, durch die Stammkerbe geführt, legt in jeder Stammhälfte nur Anfang und Spitze der älteren der noch in der Rinde verborgenen Wurzeln blos; der mittlere Theil der Wurzel ist von der Schnittfläche hinweg gekrümmt (T. X f. 1).

Wie im ersten Jahre wird auch in allen folgenden die Rinde dicht unter der tiefsten Stelle der Einkerbung von den neu hervortretenden Wurzeln durchbrochen. — Die gebräunten vorjährigen Wurzeln stehen weit nach aussen von den diesjährigen. Da mehrere, zwei bis vier Jahrgänge derselben bis zur völligen Zerstörung sich zu erhalten pflegen, so tritt, besonders an älteren Pflanzen, mit grosser Schärfe die von Mohl hervorgehobene Eigenthümlichkeit zu Tage, dass die ältesten Wurzeln die äussersten, anscheinend höchsten, die jüngsten die innersten, anscheinend tiefsten sind. Wie aus dem Vorstehenden hervorgeht, eine eben nur scheinbare Abnormität, beruhend auf der ungewöhnlich starken Entwicklung der Rinde und deren jährlicher Erneuerung von innen heraus.

Es ist ausnahmslose Regel, dass die mittelsten einer jeden Generationsreihe von Wurzeln die ältesten sind, dass die den seitlichen Endpunkten der Stammfurche näheren später hervorbrechen, als die in deren Mittelpunkte. Dieses Verhältniss wird aber nicht selten dadurch minder augenfällig, dass die Dauer jeder Wurzel weit minder an bestimmte Frist gebunden ist, als die der Wedel. Ziemlich [ausnahmslos sind die äussersten Wurzeln der vorhergehenden Reihe noch in Lebens-thätigkeit, wenn die ersten, innersten der nächsten hervorzusprossen beginnen. Aeltere, kräftige Individuen, die im Laufe eines Jahres eine sehr grosse Anzahl (bis zu 20) Wedeln bilden, entwickeln während dieser Zeit zwei vollständige Generationsreihen von Wurzeln; der ganze Cyclus mit der tiefsten innersten anhebend und bis zur äussersten fortschreitend, wird zweimal hinter einander gebildet (T. X f. 1). An den reich bewurzelten Isoëten des festen Landes Südeuropas und Nord-

afrikas steigert sich diese Erscheinung bis zur Hervorbringung von sechs Generationsreihen von Wurzeln in der nämlichen Vegetationsperiode. — Mit dem Schlusse jedes Cyclus von Wurzeln wird der Zahl der vorjährigen Wurzeln ein Doppelpaar hinzugefügt, welches an den Hörnern des halbmondförmigen unteren Theils des Holzkörpers seinen Ursprung nimmt (T. X f. 4).

Die Stellung der Gefässbündel der Wurzeln bleibt die ganze Lebensdauer der Pflanze hindurch die gleiche, wie im ersten Jahre: stets sind sie der Seite der Wurzel dicht angerückt, welche der Einkerbung des Stammes sich zuwendet. — Die Cambialzellen zwischen den Anfangsstellen der zu neuen Wurzeln abgehenden Gefässbündel verholzen zum grösseren Theile; einzelne Zellen zwischen den durch Ring- und Spiralfaserzellen verdickten bleiben dünnwandig (T. XIV f. 4). So wächst die seitlich abgeplattete untere Hälfte des Holzkörpers an ihrer convexen Kante stetig nach unten, auch im Querdurchmesser zunehmend.

Die Wurzeln der *Isoëtes* pflegen während ihrer Längsentwicklung wiederholt, bis zu vieren Malen, gabelig sich zu verzweigen¹⁾. Der Anordnung der Zellen vor sehr kurzer Zeit gegabelter Wurzeln nach zu schliessen, scheint es, dass die Gabelung anhebt mit Längstheilung der Zelle 4. Grades der Wurzelspitze durch eine dem grössern Querdurchmesser des niederwachsenden Holzes rechtwinklige Wand (T. XIII f. 4). Die Gabelzweige der Wurzel spreizen von einander in Winkeln von beiläufig 30°; die beiden ersten parallel der Stammfurche. Die Richtung der nächsten Verästelungen ist um 90° von dieser verschieden. Die excentrischen Gefässbündel der Wurzelgabeln sind stets an die, dem Schwesterzweige der Wurzel zugewendete Seite gerückt (T. XIII f. 2).

Alljährlich wiederholen sich die gleichen Vorgänge. Die ältere Rinde wird abgestossen, durch neue ersetzt. Der obere cylindrische Theil des Holzkörpers wächst aufwärts durch Verholzung der seinen Scheitel überlagernden Zellen der Endknospe und Anlagerung der Anfänge zu neuen Wedeln abgehender Gefässbündel. Sein halbmondförmiger unterer Theil nimmt an der convexen Kante im Umfange zu durch die Anfügung der Basen zu neuen Wurzeln verlaufender Gefässbündel.

1) Entdeckt von Alexander Braun, Flora 1847, S. 33.

Dabei erstarkt die Pflanze fortwährend, die Zahl der Wedel und Wurzeln mehrt sich in jeder neuen Vegetationsperiode.

Die reichliche Entwicklung seitlicher Achsen (der Wedel) verbunden mit dem völligen Unterbleiben intercalarer Zellenmehrung in den Gliedern der Hauptachse hat zur nothwendigen Folge, dass der jüngere Theil der aus den verschmelzenden Basalstücken der seitlichen Achsen gebildeten Rinde den Vegetationspunkt der Hauptachse weit überragt. Der Scheitel älterer Pflanzen zeigt eine beträchtliche trichterförmige Vertiefung, deren einwärts geneigter Böschung die einander umscheidenden jüngeren Wedel aufgesetzt sind (T. X f. 4; T. XII f. 4). Den Grund der kraterförmigen Einsenkung nimmt die eigentliche Endknospe ein, ein stumpfer Kegel von Zellgewebe (T. XI f. 1, 2), welchen die Rudimente der jüngsten Wedel, bei 5- bis 8jähr. Pflanzen in $\frac{5}{13}$ Stellung, in ziemlicher Entfernung umstehen (T. X f. 3, 4).

Die Regel der Zellenvermehrung der Endknospe bleibt, wie schon oben (S. 138) erwähnt, die ganze Lebensdauer der Pflanze hindurch die gleiche. Die alternirend schrägen Wände, durch welche die Scheitelzelle in stetig wiederholter Folge sich theilt, sind gegen die grossen Lappen der Rinde geneigt; eine durch die Stammfurche gelegte Ebene schneidet jene Wände rechtwinklig. Die Theilhälften der Zellen zweiten Grades theilen sich durch Querswände frühe, schon als Zellen dritten oder vierten Grades (T. XI f. 1, 2; T. XIII f. 5). Dicht unter dem Scheitel der Endknospe wird die der ersten Anlage nach leiterartige Anordnung der Zellen umgewandelt in eine concentrisch schalige. Die inneren, der Achse des Stammes näheren Zellen der Nachkommenschaft der dritt- und viertjüngsten Zelle zweiten Grades strecken sich sehr beträchtlich in die Breite; radial in Bezug auf die Längsachse des Holzkörpers. Noch oberhalb der Ursprungsstelle des jüngsten Wedels wird dadurch die konische Endknospe völlig abgeflacht (T. XI f. 1, 2).

Die alljährliche Verjüngung der Cambialschicht vermehrt und erneuert nicht allein das Rindengewebe; auch dem Holze älterer kräftiger Individuen werden neue Spiralfaserzellen angelagert, wenn auch nur sparsam. Einzelne Zellen des Cambium, durch zwei bis drei Cambialzellen von der ältern Hauptmasse des Holzkörpers getrennt, zeigen oft Verdickungsschichten, die durch ihre Zartheit und Farblosigkeit sich unzweifelhaft als vor Kurzem entstandene zu erkennen geben (T. XII f. 2). Den ältesten, in der ein- und zweijährigen Keimpflanze gebildeten

Theilen des Holzkörpers werden neue Elementarorgane in keinem Falle angelagert; das zweischneidige untere Ende seines Aufwuchses erhält die ganze Lebensdauer der Pflanze hindurch seine Form unverändert (T. X f. 1; T. XII f. 1). Die Bildung neuen Holzes im Umfange des bereits vorhandenen scheint nur einige Vegetationsperioden hindurch zu dauern. Alle Längsdurchschnitte drei bis acht Jahre alter Pflanzen zeigen den Aufwuchs des Holzes stets nahe unter dem oberen Ende etwas bauchig. Diese Stelle der grössten Dicke des Holzes rückt somit während der Entwicklung der Pflanze stetig aufwärts.

Die dem Holzkörper angesetzten Anfangsstücke der Gefässbündel, welche zu vor mehreren Jahren entstandenen Wedeln und Wurzeln abgingen, werden von dem sie seitlich umgebenden, in steter Lebensthätigkeit begriffnen Cambium zusammengedrückt (T. XII f. 4), endlich zerrissen, nach aussen gerückt und der Stumpf, welcher dem Holzkörper ansitzt, vom Cambialgewebe überwallt, ganz ähnlich der Weise, in welcher ein Baumstamm von Aesten seines unteren Theils sich reinigt.

Auf ihren frühesten Entwicklungsstufen lassen auch die kräftigen Wedel mehrjähriger Pflanzen, von der Vorderfläche gesehen, die leiterartige Anordnung ihrer Zellen klar erkennen (T. XIV f. 2, 3), welche aus der Art der Vermehrung der Zelle ersten Grades (S. 132) nothwendig folgt. Bald aber wird dieses Verhältniss undeutlich durch die rasche und kräftige Entwicklung des Wedels in die Dicke. Das Bild, welches etwas weiter entwickelte Wedel von oben betrachtet geben (T. X f. 3, 4), lässt schliessen, dass jetzt in der Endzelle nach je zweien Theilungen durch zur Vorder- und Rückenfläche des Wedels rechtwinklige Scheidewände solche Wandungen auftreten, die zu den Seitenflächen des Wedels rechtwinklig, dessen Vorder- oder Rückseite zugewendet sind.

Isoëtes lacustris zeigt eine deutliche Periodicität im Wechsel steriler und fruchtbringender Wedel.¹⁾ Bei den terrestrischen Arten ist dieser Wechsel noch auffälliger hervortretend. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, dass die Wedel ein volles Jahr vor ihrer Entfaltung angelegt werden; im Hochsommer und Herbst die furchtbaren, im Frühjahr und Vorsommer die sterilen. Während des Winters ist die Ent-

1) Geschildert von Alex. Braun, Flora 1847, S. 34. Von Bischoff wird sie schwer erklärlicher Weise angezweifelt; kryptogamische Gewächse S. 84.

wicklung der Wedel bedeutend verlangsamt, doch unterbleibt sie nicht völlig. Die im Winter entstandenen, Ende des nächsten Herbstes an's Licht gelangenden Wedel sind auffallend kümmerlich ausgebildet; sie bilden durch die spärliche Entwicklung des Laubtheils bei starker Ausbildung der Basis den Uebergang zu den niederblattartigen Wedeln ohne alles Laub, wie sie bei terrestrischen Isoëten, *I. Durieui* und *Hystrix* namentlich, jede Vegetationsperiode eröffnen und schliessen.¹⁾ Bei halb-terrestrischen Arten, so bei *I. velata* und *adpersa*, haben die letzten Wedel eines Jahres, weit schärfer ausgeprägt als bei *I. lacustris*, einen verkümmerten Laub- und einen wuchernden Scheidentheil, dessen Zellen hier dicht mit Stärkemehl und Oel gefüllt sind.

Nur an den ersten Wedeln der Keimpflanze entspringt das Spreublatt unmittelbar über der Ansatzstelle des Wedels. Oft schon am zweiten, in allen Fällen aber am dritten und den folgenden Wedeln ist die Zelle, welche durch blasige Wölbung ihrer Aussenwand den Grund zur Bildung des Spreublattes legt, mindestens um eine Zelle vom Wedelgrunde entfernt (T. V f. 2; T. VI, VII f. 3 u. f.) Die intercalare Zellenvermehrung der Wedelbasis erfolgt mit besonderer Lebhaftigkeit in dieser einen Zelle und den mit ihr in einer Horizontalebene liegenden. Dadurch wird das Spreublatt am Wedel hoch empor gerückt (T. XI f. 2). Dicht unter der Schuppe entspriesst dann dem Wedel eine deren Grund bedeckende flache dreiseitige Zellenmasse (T. XIV f. 4—6). Ueber ihre Seiten hinaus entwickeln sich nach abwärts strebend die beiden unteren Ecken der dreieckigen Schuppe; die Basis dieser wird herzförmig, wie bei den Spreublättern der Polypodiaceen (T. IX f. 8). Ihre dem Gewebe des Wedels eingefügten Basalzellen entwickeln währenddem eine Lebensthätigkeit, die auffallend absticht von dem frühen Stillstande des Wachstums ihres freien Theiles. Die horizontale Zellenreihe, hervorgegangen aus der Vermehrung der von der Wedelsubstanz umschlossenen ersten Zelle zweiten Grades des Spreublatts, wandelt sich um durch eine Folge rasch wiederholter Theilungen in einen quergestreckten ellipsoidischen Zellenkörper, dessen beide Enden unter steter Vermehrung der Zellen endlich aufwärts wachsen, so dass die Basis der Schuppe zu einer fleischigen Masse sehr kleiner Zellen mit trübem Inhalte wird, von Form eines nach oben geöffneten, zur Längsachse des Wedels ein-

1) Alex. Braun in der exploration scientifique de fr. Algérie, T. 36 f. 1^b, 2^b.

wärts geneigten Hufeisens. Auch nach unten, in die dreiseitige Sprossung der Vorderfläche des Wedels, greift die Wucherung des Spreublattgrundes, das vorhandene Zellgewebe zum Theil verdrängend (T. IX f. 4; T. XIV f. 8). Gegen das Ende der Längsentwicklung des Wedels verholzen durch spiralige Verdickungsschichten diejenigen seiner Zellen, welche der so bedeutend entwickelten Basis der Schuppe angränzen. In diese Holzbildung¹⁾ gehen ziemlich alle Zellen des Inneren der einer Ligula vergleichbaren Sprossung der Vorderseite des Wedels ein (T. IX f. 4). Von ihnen aufwärts ist es nur die eine der Einfügung des Spreublatts nächstbenachbarte Zellenlage, welche zu Spiralfaserzellen sich umwandelt; dagegen verholzt das ganze von den beiden Hörnern der halbmondförmigen Schuppenbasis eingeschlossene Gewebe. Die Mitte des unteren Endes der spät auftretenden Holzmasse reicht dicht an das axile Gefässbündel des Wedels.

Die im dritten Jahre nach der Keimung angelegten, im vierten zur Entwicklung kommenden Wedel der *Isoetes lacustris* bringen die ersten Früchte. Schon in frühester Jugend des Wedels, mit dem Eintritt der intercalaren Vermehrung seiner Basis, wird das Sporangium²⁾ angelegt. Von den zwei Zellen, in welche die Zelle unterhalb der Einfügestelle des Spreublatts durch Auftreten einer Querwand zerfällt, wird die obere zur Anfangszelle des die Basis der Schuppe deckenden Ligularfortsatzes, die untere zur Urmutterzelle des Sporangium (T. XIV

1) Zuerst beobachtet von Mettenius, Linnaea 1847.

2) Der von Schleiden vertretenen Ansicht entgegen, welche vermeintlichen Analogieen mit niederen Kryptogamen zu Liebe nur die Sporenmutterzellen der Moose und Gefässkryptogamen Sporangien genannt wissen will, halte ich diesen Ausdruck fest, gleich der grossen Mehrzahl der Botaniker, für die eigentlichen, Sporenmutterzellen und Sporen einschliessenden Früchte: für die Kapseln der Laub- und Lebermoose, für die Früchte der Farn und Lycopodien, für die Bestandtheile der Fruchtstände der Equiseten und Rhizocarpeen, welche zunächst die Sporen enthalten. Schon darum, weil die Benennung „Sporangium“ ursprünglich den Farnfrüchten ertheilt wurde. Es erscheint weder nöthig noch räthlich, den Fortpflanzungsorganen der Kryptophyten Link's, der, so viel wir wissen, geschlechtslosen Pilze, Flechten und Algen, die gleiche Benennung zu geben mit denen der Charen, Moose und Gefässkryptogamen, welche eine unzweifelhafte Geschlechtsdifferenz, in ihrer Entwicklung einen auf's Deutlichste hervortretenden Generationswechsel zeigen. Zudem ist der Ausdruck „Sporangium“ in Bezug auf die niederen Kryptogamen völlig entbehrlich. Die beschreibende Botanik besitzt bereits eine mehr als genügende Reihe treffender Benennungen für die in Rede stehenden Organe.

f. 4). Durch wiederholte Theilungen nach allen drei Richtungen, bei denen die Vermehrung in die Länge vorwiegt, verwandelt die Letztere sich bald in einen ovalen Hügel von Zellgewebe, dessen Längslinie mit der des Wedels zusammenfällt (T. XIV f. 5, 6). Die Längs- und Quertheilungen durch auf der Vorderfläche des Wedels senkrechte Wandungen werden lebhafter in jeder, durch den freien Aussenwänden der Oberflächezellen parallele Theilwände gebildeten neuen äusseren Zellenlage des Rudiments der Frucht. Das junge Sporangium wird binnen Kurzem zu einer eiförmigen Zellenmasse, die mit verhältnissmässig kleiner Grundfläche dem Wedel ansitzt. Das Gewebe desselben, welches der Anfügungsstelle des Sporangium angränzt, überwuchert später — bei Beginn der Sporenbildung — die Frucht von allen Seiten her, am stärksten von oben; es bildet sich ein weit über das Sporangium greifender häutiger Saum, der Schleier der beschreibenden Botaniker (T. XIV f. 8).

Bis kurz vor dem Auftreten dieser letzten Wachsthumerscheinung des Wedelgrundes besteht das Sporangium durch und durch aus gleichartigen, zartwandigen Zellen, die jetzt in dreierlei Gewebe sich zu differenziren beginnen. Die beiden äussersten Zellenlagen nehmen mehr und mehr Tafelform an; sie werden zur Kapselwand. Das Innere scheidet sich in Gruppen zartwandig und in innigem Zusammenhange bleibender Zellen — die Urmutterzellen der werdenden Sporen — und in diese Gruppen von einander trennende Platten, aus je zweien Lagen von Zellen gebildet, in deren Interzellularräumen Luft sich ausscheidet. Die Zellen der Wandung des Sporangium sowohl als die des zur Erzeugung von Fortpflanzungszellen bestimmten Gewebes vermehren sich noch längere Zeit durch Theilung. Die Zellen der Platten, welche die Portionen jenes Gewebes von einander scheiden, folgen der Grössenzunahme des Sporangium durch Streckung ihrer Wände.

Endlich treten die Sporenmutterzellen aus dem Zusammenhange, sie nehmen Kugelform an. In den zur Bildung kleiner Sporen bestimmten Sporangien bilden sich einige Theilungsgenerationen der Urmutterzellen mehr, als in den Makrosporen bringenden; die Sporenmutterzellen der Letzteren sind erheblich grösser. — Die Sporenmutterzellen zeigen nach wie vor der Vereinzelung sehr deutlich einen grossen Kern. Allmählig werden die Umrisse desselben blässer; endlich entschwinden sie der Beobachtung, nachdem zwischen der Peripherie des Kerns und

der Innenwand der Zelle zwei stark abgeplattet sphärische Anhäufungen körnigen Schleims aufgetreten waren (T. XIV f. 14). Nach dem Verschwinden der Membran des primären Kerns nehmen jene Schleimhaufen sofort ellipsoïdische Gestalt an und erscheinen als zwei secundäre Kerne. Entweder theilt sich nun die Sporenmutterzelle, nach Einschnürung des Primordialschlauchs im Aequator (T. XIV f. 15) durch eine Querwand (T. XIV f. 6^b); jede beider Theilhälften wird nach Verflüssigung der Membran ihres ellipsoïdischen Kerns und Auftreten zweier kugeligter Tochterkerne in zwei Tochterzellen von Form von Kugelquadranten getheilt (T. XIV f. 18, 20). Oder aber die beiden secundären Kerne der Mutterzelle werden verflüssigt, noch bevor die Theilung der Zelle begann; es treten vier tertiäre Kerne von Kugelform auf (T. XIV f. 16,^a 17^{a,b}); die Zelle theilt sich mit einem Male in vier Tochterzellen. Dieser letztere Fall ist bei Weitem der seltenere. Auch bei seinem Eintreten liegen die vier Kerne in der Regel in einer Ebene, die vier Tochterzellen der Sporenmutterzelle (die Specialmutterzellen) erhalten wie im ersten Falle die Form von Kugelquadranten. Nur höchst selten kommt die Anordnung der Specialmutterzellen nach den Ecken eines Tetraëders vor. Die Scheidewände, durch welche die Specialmutterzellen getrennt werden, sind von gallertartiger Beschaffenheit. Sie quellen in Wasser leicht und rasch auf; — werden die Primordialschläuche durch verdünnte Säuren zur Contraction gebracht, so erfolgt das Aufquellen der Zellwände in demselben Maasse, als jene Primordialschläuche einschrumpfen.

Die Specialmutterzellen der kleinen Sporen trennen sich sehr bald nach ihrer Bildung; sie behalten in der Vereinzelung ihre dreikantige (selten sechskantige) Form. Jetzt erst, analog der gleichen Erscheinung bei *Equisetum*¹⁾ entsteht in jeder Specialmutterzelle durch freie Zellbildung, wiederholt um den bei Bildung der Specialmutterzelle schon vorhandenen Zellkern, eine Tochterzelle, deren Gestalt derjenigen der Specialmutterzelle genau entspricht. Sie bekleidet sich mit dem zu Eingang dieser Schrift beschriebenen Episporium und wird durch Verflüssigung der Specialmutterzelle frei, geraume Zeit bevor die aufreisende Wand des Sporangium die reifen, im Aeusseren nicht weiter veränderten Sporen entlässt. Die Specialmutterzellen der grossen Sporen,

1) Vergleichende Untersuchungen S. 99.

ausnahmslos tetraëdrischer Anordnung, bleiben längere Zeit, bis nach Anlegung des Exosporium, zu vierein vereinigt.¹⁾

Die Untersuchungen Alexander Brauns²⁾ haben gezeigt, dass unter den Isoëten, mindestens unter denen der alten Welt, *Isoëtes lacustris* als die einzige Art dasteht mit nur einer Furche der Unterseite des Stammes. Alle andern, südwesteuropäischen und nordafrikanischen Arten haben drei, in Ausnahmefällen auch vier tiefe Einkerbungen der unteren Fläche der Hauptachse. Aus dem Grunde der tiefen Rinnen brechen die neuen Wurzeln hervor, bei den trockenere Standorte liebenden Arten in weit grösserer Zahl als bei *I. lacustris*. Auch bei den dreifurchigen Arten entspricht Gestalt und Bau des Holzkörpers auf's Genaueste und ausnahmslos der Zahl und Lage der Rindenfurchen. Der Niederwuchs ist dreiarmig; er besteht aus drei, seitlich abgeplatteten, unter Winkeln von 120^0 zusammentreffenden bogigen Holzmassen, gebildet aus den dicht an einander gedrängten Anfängen der zu Wurzeln abgehenden Gefässbündel und aus dem zum Theil in Spiralfaserzellen sich umwandelnden, zum Theil zartwandig bleibenden Gewebe zwischen diesen Gefässbündelenden. Bei der im Vergleich mit *Isoëtes lacustris* weit reicheren Bewurzelung, namentlich der *I. Hystrix* und *Durieu*, ist auch der Niederwuchs des Holzkörpers ungleich stärker entwickelt. Jeder der drei Arme der unteren Hälfte des Holzkörpers trifft auf eine der tiefen Rindenfurchen (T. XV f. 3, 5). Von dem unteren, bogigen Rande der Holzplatte nehmen die neuentstehenden Wurzeln ihren Ursprung; sich bogig krümmend treten sie dicht an der tiefsten Stelle der Furche, deren Seitenwände durchbrechend, in diese ein. In jeder Vegetationsperiode entwickeln sich mehrere Cyclen von Wurzeln, bei *Isoëtes Hystrix* sah ich an starken alten Exemplaren deren bis zu acht (T. XVI f. 4). Es ist bei der grossen Zahl der Wurzeln solcher Individuen dem ersten Blicke das bei *Isoëtes lacustris* minder augenfällige Verhältniss klar, dass die obersten Wurzeln der einzelnen Reihen die letztentstandenen, jüngsten sind. Auch bei den dreifurchigen Isoëten sind die Gefässbündel der Wurzeln excentrisch; der Seite der Wurzel angerückt, welche der Rindenfurche zugekehrt ist, in der die Wurzel hervorbricht. Die jährliche Erneuerung der Rinde durch Entwicklung

1) Wahlenberg, *Flora lapponica* T. XXVI fig. I, K.

2) *Exploration scientifique de l'Algérie* t. 34 ff.

des Mantels von Cambium, welches auch den unteren, dreiarmigen Theil des Holzkörpers umhüllt, entfernt die älteren Wurzeln in seitlicher Richtung von der Stammkerbe, in welcher sie erschienen, sie zugleich nach unten und aussen rückend; doch ist bei den dreifurchigen Arten diese Ortsveränderung weit minder bedeutend, als bei *Isoëtes lacustris*.

Ausnahmsweise kommt bei den dreifurchigen Arten eine Viertheilung des Stammes vor; am öftersten, wie es scheint, bei *Isoëtes tenuissima*. Ich fand die Erscheinung unter sieben darauf untersuchten Exemplaren an zweien. Solche Stämme haben einen vierarmigen Niederwuchs der Holzmasse.

Die Endknospe der meisten dreifurchigen Isoëten ist noch weit stärker vertieft, als bei *Isoëtes lacustris* (T. XV f. 4; T. XVI f. 1). Zum Theil ist dies in der verhältnissmässig grösseren Zahl der Wedel und der damit in Zusammenhang stehenden rascheren Zunahme des Rindengewebes begründet. Einen wesentlichen Antheil an dieser Erscheinung hat aber auch der Umstand, dass die Cambiumschicht, welche den cylindrischen Aufwuchs des Holzkörpers umkleidet, und die, an drei Stellen vorspringend, wie bei *Isoëtes lacustris* bis an die äussersten Enden der aufwärts gekrümmten Arme des Niederwuchses reicht, bei dem weit beträchtlicheren Radialdurchmesser des unteren Theiles der Holzmasse eine viel grössere Mächtigkeit hat, als bei der zweifurchigen Art. Die Thätigkeit der zahlreicheren, nach oben fast convexen Schichten von Cambialzellen muss nothwendig die Rindenmasse rascher vermehren, als dies bei *Isoëtes lacustris* geschieht.

Die Wedel der dreifurchigen Arten, in den Regeln der Vermehrung ihrer Zellen übereinstimmend mit denen der *Isoëtes lacustris*, zeigen eine weit grössere Mannichfaltigkeit der morphologischen und anatomischen Verhältnisse. So die oben (S. 150) erwähnten, Niederblättern ähnlichen Wedel mehrerer Arten. Die auffallendste Erscheinung zeigen aber *Isoëtes Hystrix* und *Duriei* in der Verholzung von Zellgewebsmassen der Basen ihrer Wedel,¹⁾ bei verschiedenen Varietäten der nämlichen Art von verschiedener Form. Die Zellen, in festestem Zusammenhange bleibend, werden durch den Innenwänden aufgelaugerte tiefbraune Schichten stark porös verdickt, ähnlich wie bei *Nipholus chinensis* eine steinharte geschlossene Rinde um den Stamm sich

1) A. Braun a. a. O. T. 35, 36.

bildet. Durch die Entfaltung neuer Wedel mehr und mehr nach aussen gerückt, stellen die verholzten Portionen der Wedelbasen, nach Absterben der krautartigen Theile der Wedel, einen die Aussenfläche des Stammes enggeschlossen umkleidenden dornigen Panzer dar, vom schärfsten Messer kaum zu durchschneiden; ein peinliches Hinderniss der Untersuchung.

Das Stengelende, den Grund der tiefen und steilen Einsenkung des Scheitels des Stammes einnehmend, erscheint bei den dreifurchigen Isoëten als ein weit flacheres Wäzchen von Zellgewebe, als bei *Isoëtes lacustris*. Es wächst in die Länge wie dort durch stetig wiederholte Theilung der einzigen Scheitelzelle. Die Regel der Zellenvermehrung aber ist eine wesentlich andere. Die in der Scheitelzelle in endloser Reihe auftretenden Wände sind nach drei verschiedenen Richtungen gekehrt. Die Scheitelzelle hat die Form einer dreiseitigen, mit der Spitze nach unten gerichteten Pyramide; die Zellen zweiten Grades werden gebildet durch das Auftreten successiv je einer der Seitenflächen paralleler Wände (T. XVI f. 2, 3, 4). Es bilden die Zellen zweiten Grades eine um den Mittelpunkt der primären Zelle sich windende — so weit die Beobachtungen reichen stets rechtsgewundene — Spirale, die zu einer Schneckenspirale dadurch wird, dass die Zellen zweiten Grades von ihrer Bildung an durch Dehnung und Vermehrung in allen drei Richtungen wachsen.

Alle in der Scheitelzelle auftretenden nach einer der drei Richtungen gekehrten Theilwände sind rechtwinklig zu einer durch die ihnen nächste Stammkerbe gelegte Ebene. Es stimmt somit in einem der wesentlichsten Züge die Art des Wachsthum der Terminalknospe der dreifurchigen Isoëten überein mit der von *Isoëtes lacustris*: die in der Scheitelzelle auftretenden Theilwände sind den Stammfurchen zugewendet.

Wie bekannt¹⁾ kommt auch *Isoëtes lacustris* in seltenen Ausnahmefällen mit dreifurchigem Stamme vor. Querschnitte des Stammes solcher Individuen²⁾ gleichen völlig denen der *Isoëtes setacea*. Der Niederwuchs des Holzkörpers hat drei kurze Arme (T. VIII f. 6). Die Vermeh-

1) A. Braun, Flora 1847, S. 34 ff.

2) Unter mehr als einhundert untersuchten Pflanzen fand sich nur eine derartige.

rungsweise der Scheitelzelle der Endknospe ist genau die nämliche (T. VIII. f. 7).

Gleich der anderen Gattung der Lycopodiaceen, deren Keimung bekannt ist; den Selaginellen, ähnelt *Isoëtes* in ihrer Fortpflanzung unter allen Kryptogamen am Meisten der Pflanzengruppe, welche unter den Phanerogamen den Kryptogamen am Nächsten steht: den Coniferen. Das Prothallium, aus chlorophylllosen Zellen bestehend, nimmt keinen erheblich grösseren Raum ein, als die Makrospore selbst. Es entsteht durch freie Zellenbildung im Innenraume der Sporenzelle. In beiden Beziehungen verhält es dem Eyweisskörper der Nadelhölzer sich vollkommen ähnlich. Entwicklungsgeschichte und Bau der Archegonien von *Isoëtes* gleichen in den wesentlichsten Punkten völlig derjenigen der Corpuscula der Coniferen.

An keiner der diöcischen Gefässkryptogamen — der mit Sporen von zweierlei Grösse begabten, welcher grösseren die Bereitung der Keime (Anfangszellen) der zweiten, auf's Neue Sporen bringenden Generation, deren kleineren Sporen die Erzeugung dieser Keime befruchtenden Samenfäden obliegt — an keiner dieser diöcischen Kryptogamen ist die Nothwendigkeit der Einwirkung beiderlei Sporen auf einander zur Fortpflanzung anschaulicher, als bei *Isoëtes*. Während bei *Pilularia* und *Marsilea* der die Fortpflanzungszellen reichlich umhüllende Schleim, eine Brutstätte von Mengen verschiedenartigster niederer Pflanzen und Thiere, die Untersuchung der Samenfäden erschwert; — während bei *Salvinia* das feste Zusammenkleben der kleinen Sporen, bei *Selaginella* die Ungleichzeitigkeit der Entwicklung zusammen ausgesäeter Mikro- und Makrosporen der Anschauung hindernd in den Weg tritt, erleichtert bei *Isoëtes* die Art des Vorkommens und das massenhafte Auftreten von beiderlei Fortpflanzungszellen nicht minder die Beobachtung der Entstehung von Samenfäden in den kleineren, der Archegonien tragenden Prothallien aus den anderen, als die Versuche, Mikro- und Makrosporen von einander getrennt sich entwickeln zu lassen.

Die Keimung von *Isoëtes* unterscheidet sich von der der Gefässkryptogamen mit grünem Prothallium in einem wesentlichen Punkte. Bei diesen liegt die seitliche Zelle der begrenzten primären Achse des Embryo, aus deren Vermehrung die (secundäre) Hauptachse hervorgeht, in der Scheitelregion jener. Die Wedel tragende Hauptachse entwickelt den ersten dieser an ihrer, dem Scheitel der primären Achse

abgewendeten, dem Ausführungsgange des Archegonium zugekehrten Seite. Der erste Wedel liegt über der Hauptknospe, zwischen ihr und der Mündung des Archegonium. So bei den Farrnkräutern und den Rhizocarpeen. Bei Isoëtes dagegen liegt die Knospe unbegrenzten Wachstums neben der ersten Adventivwurzel, dicht unter dem Archegonienkanale, der erste Wedel unter ihr. Ein ähnliches Verhältniss würde Selaginella zeigen, nach der Stellung der ersten Wurzel an der Keimpflanze zu schliessen, wenn nicht hier die secundäre Hauptachse der Pflanze, anstatt dicht über ihrem Ursprung einen Wedel zu entwickeln, nach bedeutendem Längenwachsthum und Hervorbringung eines Paares gegenständiger Blätter in zwei Gabeläste sich verzweigte. An einem anderen Orte¹⁾ habe ich angedeutet, wie Isoëtes durch die Stellung des ersten Wedels und der ersten Wurzel zur primären und zur Hauptachse des Embryo weit mehr den Monokotyledonen sich nähert, als irgend eine andere der Gefässkryptogamen.

Nicht nur in der Fruchtbildung und Keimung, auch in der weiteren vegetativen Entwicklung zeigt Isoëtes eine bedeutende Uebereinstimmung mit anderen Lycopodien, insofern als die zu Holz sich umwandelnden Gewebemassen kein parenchymatöses Mark im Centrum des Stammes frei lassen; als ein homogener Holzkörper die Längsachse desselben einnimmt. Die Untersuchungen Nägeli's²⁾ haben nachgewiesen, dass bei Lycopodium der Anlage nach ein Gefässbündelkreis vorhanden ist; dass aber nach der Differenzirung der im Kreise stehenden Längstränge eines zarten Cambium auch das ganze von diesen eingeschlossene axile Gewebe des Stengels in die Holzbildung hinein gezogen wird, und nachträglich aus parenchymatischen in Prosenchym-Zellen mannigfacher Art sich umwandelt. So zeigt sich bei nahe verwandten Pflanzen mit beträchtlicher nachträglicher Längsentwicklung der Internodien das entschiedenste Bestreben einen axilen Holzkörper zu bilden, dem ähnlich, dessen Entstehung bei Isoëtes man versucht sein möchte, bei Nichtbeachtung der analogen Erscheinungen im Stengel von Lycopodium, in ursächlichen Zusammenhang zu bringen mit dem völligen Unterbleiben einer intercalaren Vermehrung der Stengelglieder.

1) Berliner botanische Zeitung 1852, Spalte 146.

2) Zeitschrift für Botanik H. 3 und 4, S. 140.

Soweit unsere Kenntniss reicht, steht unter allen Gefässkryptogamen *Isoëtes* völlig allein durch den Besitz einer jährlich sich verjüngenden Cambiumschicht und eines am oberen wie am unteren Ende in die Länge wachsenden Stammes; Eigenschaften die sich gegenseitig zu bedingen scheinen. Durch die Organisation ihres Stammes, insbesondere durch die des niederwachsenden Theiles des Holzkörpers, nähert sich *Isoëtes* mehr noch den Dikotyledonen mit unentwickelten Stengelgliedern und von unten her nicht absterbendem Stamm, wie *Cyclamen*, *Beta*, als den wenigen Monokotyledonen mit in die Dicke wachsendem Stamme, wie *Dracaena*, *Cordyline*, *Tamus*. Genauere Untersuchungen erst, als die Botanik bis jetzt sie besitzt, werden entscheiden können, ob die Art der Anordnung der vom Niederwuchs des Holzes der *Isoëtes* aus hervorsprossenden Wurzeln in völligem Gegensatze steht mit derjenigen der Beiwurzeln, welche aus der Hauptwurzel der Dikotyledonen hervorbrechen. Einige der gemeinsten Culturpflanzen, Rüben und Rettige, zeigen oft eine so deutliche Regelmässigkeit in Stellung und Entstehungsfolge der Beiwurzeln, dass die Erlangung sicherer allgemeinerer Ergebnisse für wahrscheinlich gelten kann.

Die Vermehrung der Endzelle der Hauptachse von *Isoëtes lacustris*, der Art mit zweigetheiltem Stamme und $\frac{1}{2}$ Stellung der Wedel der Keimpflanze, erfolgt durch wechselnd nach zwei diametral entgegengesetzten Richtungen geneigte Wände. Die Scheitelzellen der Endknospen von Arten mit dreifurchigem Stamme und $\frac{1}{3}$ Stellung der Wedel keimender Pflanzen¹⁾ theilen sich durch eine Reihenfolge von Wänden, welche nach drei verschiedenen Richtungen, gegen die Stammfurchen geneigt, gestellt sind. Dieser Nachweis darf als erster Schritt gelten zur Erkennung eines Zusammenhanges zwischen der Regel der Zellenvermehrung des Endes einer Achse und den Stellungsverhältnissen der ihr entspriessenden appendiculären Organe. Eine analoge Erscheinung bietet die vergleichende Untersuchung verschiedenartiger Farrnkräuter. Die Stämme der Polypodien, Lomarien, Niphobolen, der *Pteris aquilina*, die kriechenden Ausläufer von *Nephrolepis* zeigen bei $\frac{1}{2}$ Stellung der Wedel eine Regel der Zellenvermehrung der Endknospe, welche genau

1) An getrockneten sehr jungen Exemplaren der *Isoëtes tenuissima* von mir gesehen. Delile's wiewohl rohe Abbildung (*Mém. du Muséum* T. XVI [1827] pl. 6 f. 44) lässt über die gleiche Anordnung der Wedel der Keimpflanze von *Isoëtes setacea* keinen Zweifel.

übereinstimmt mit der von *Isoëtes lacustris*. Andererseits entspricht die Art der Zellenvermehrung der Hauptachse von *Aspidium filix mas* und *spinulosum*, von *Cystopteris fragilis*, *Scolopendrium officinarum*, *Struthiopteris germanica*, *Onoclea sensibilis* genau derjenigen der Isoëten mit drei Stammfurchen. Die letztgenannten Farrnkräuter zeigen sämtlich $\frac{1}{3}$ Stellung der Wedel der Keimpflanze, die bei vorschreitender Ausbildung des Farrn in die $\frac{3}{8}$ $\frac{5}{13}$ Stellung übergeht. Bei ihnen, wie bei der erst erwähnten Reihe von Farrn und bei *Isoëtes lacustris*, sind die Theilwände, welche in der Scheitelzelle der Hauptachse der jungen Pflanze auftreten, parallel den Vorderflächen der ersten Wedel und rechtwinklig zu den wechselnd geneigten Theilungswänden der Scheitelzellen dieser letzteren.

In so offenkundiger Zusammengehörigkeit auch diese Thatsachen stehen, so ist es dennoch unzweifelhaft, dass sie nur die entfernte Andeutung eines inneren Zusammenhanges zweier wichtiger Lebensäusserungen der Pflanze geben. Die Isoëten sind besonders lehrreich dadurch, dass bei ihnen Erscheinungen auftreten, welche nachdrücklich davor warnen, jener Uebereinstimmung der Zellenvermehrung der Endknospe mit der Wedelstellung junger Pflanzen allzuschweres Gewicht beizulegen. Aeltere Pflanzen der *Isoëtes lacustris* zeigen Stellungsverhältnisse der Wedel, die nicht minder complicirt sind als die vieljähriger Individuen dreifurchiger Arten.¹⁾ Die Vermehrungsart der Scheitelzelle der Endknospe bleibt aber dabei unausgesetzt die gleiche, wie im zartesten Alter. Nicht minder ist in der Zelle ersten Grades des Stammes der dreifurchigen Isoëten wie der Aspidien, Scolopendrien u. s. w. jede neu auftretende Theilungswand der drittvorhergehenden genau parallel. Es erfolgen beim Eintritt zusammengesetzterer Stellungsverhältnisse der Wedel durchaus keine Aenderungen des ursprünglichen Divergenzwinkels (60°) je zweier Theilungswände der Scheitelzelle.

Die zusammengesetzte Zellenmasse, auf welcher als der Endknospe neue appendiculäre Organe entstehen, folgt bei Hervorbringung dieser noch anderen Gesetzen, als denen die in der Vermehrung ihrer Zelle des ersten und der folgenden Grade sich offenbaren. Der vielzellige Körper erzeugt an mathematisch vorausbestimmbaren Punkten seiner Oberfläche

1) Vergleiche Alexander Braun, Flora 1846, Nr. 12. 13. Ich zählte bei *Isoëtes velata* und *Hystrix* wie bei *Isoëtes lacustris* an etwa 6jährigen Individuen $\frac{5}{13}$ Stellung.

Sprossungen, deren Anfangszellen der Abstammung nach unter einander keineswegs streng gleichwerthig sind. In den Lebenserscheinungen des Achsenendes tritt ein gemeinsames, geregeltes Bildungsstreben hervor; ein Streben, welches die Thätigkeit der einzelnen Zellen der Knospe beherrscht und verschiedenartig bestimmt, der Art, dass sie nicht anders zum Gesamtleben der Knospe sich verhalten, als die einzelnen Punkte der Membran einer regelmässig sich verästelnden einzelligen Pflanze, einer Bryopsis z. B., zu deren Gesamtheit. Es waltet in der Entwicklung der Pflanze ein Gestaltungstrieb, der bei höheren Gewächsen auf Zahlenverhältnisse einzelner Zellen sich nicht zurückführen lässt.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

Die an den Figuren angebrachten Buchstaben bedeuten:

- a Archegonium; ac Centralzelle, ao Mündung desselben.
- ax Ende der primären Achse des Embryo.
- cb Cambium.
- ct Rinde des Stamms.
- e Embryo.
- fr Wedel; fr¹ der erste, fr² der zweite Wedel der Keimpflanze, u. s. f. fv Gefässbündel.
In einigen Fällen sind die zu Wedeln abgehenden Gefässbündel schlechthin fr¹ u. s. w.,
die zu Wurzeln verlaufenden r¹, r² u. s. f. bezeichnet (so auch f. 4^b der T. IX).
- g Endknospe; gc deren Scheitelzelle.
- l Holzkörper; lsp der Aufwuchs, lnf der Niederwuchs desselben.
- lg Die den Grund des Spreublatts deckende nachträgliche Sprossung der Vorderseite
des Wedels.
- r Wurzel; rc die Zelle I. Grades derselben.
- v Scheide der Wedelbasis.

TAFEL II.

1. Grosse Spore, zwei Wochen nach der Aussaat, nach mehrstündigem Liegen in Glycerin bei 60facher Vergr. von oben gesehen. Die erstgebildeten Zellen des Prothallium erscheinen der Innenwand angelagert.
2. Prothallium im Längsdurchschnitt, vier Wochen nach der Aussaat. Vgr. 40.
3. Theil des Scheitels eines längsdurchschnittenen Prothallium mit zwei noch in der Entwicklung begriffenen Archegonien. Vgr. 300.
4. Archegonium, fertig bis zum Auseinandertreten der Berührungskanten der oberen drei Doppelpaare von Zellen, im Längsdurchschnitt. Gleiche Vgr.
5. 6. Archegonien, zur Befruchtung bereit, längsdurchschnitten. Gleiche Vgr.
7. Reife Mikrospore, Ansicht von oben (senkrecht auf den Querdurchmesser). Vgr. 500.
8. Seitenansicht einer Mikrospore, vier Wochen nach der Aussaat. Die Mutterzellchen der Samenfäden sind gebildet. Vgr. 500.
9. Mikrospore, drei Wochen nach der Aussaat. Durch Rollen der Spore unter der Deckplatte ist das Exosporium geborsten und zur Seite geschoben worden. Die Mutterzellen der Samenfäden nehmen den Innenraum der Spore völlig ein. Vgr. 500, wie auch der folgenden.

10. Kleine Spore, fünf Wochen nach der Aussaat, geborsten. Sie hat mehrere Samen-
fäden bereits entlassen; einer, zum Theil noch vom Mutterbläschen umschlossen,
befindet sich noch in ihr, in lebhafter Bewegung.
11. Ein Samenfaden, von seinem Mutterbläschen umhüllt, durch Zerdrücken einer
Spore frei gemacht.
12. Samenfaden, zum Theil noch in dem Mutterbläschen steckend, durch Jod getödtet.
- 13 — 15. In Bewegung begriffene freigewordene Samenfäden. 14 schleppt am dün-
nen Ende ein kleines Bläschen nach.
16. 17. Samenfäden, durch Jod getödtet.
18. 19. Eben befruchtete Archegonien, längsdurchschnitten, mit zweizelligen Rudi-
menten von Embryonen. Von der schmalen Seite gesehen. Vgr. 400.
20. Ein ähnliches Präparat; in der unteren Zelle der Embryo-Anlage ist die neue
Theilung durch Auftreten zweier Zellenkerne vorbereitet. Vgr. 400.
21. Der Scheitel eines längsdurchschnittenen Prothallium, mit einem fehlgeschlagenen
und einem befruchteten Archegonium, welch letzteres das vierzellige Rudiment
eines Embryo umschliesst. Vgr. 300.

TAFEL III.

1. Befruchtetes Archegonium, längsdurchschnitten, mit zweizelliger Embryo-Anlage,
letztere von der breiten Seite gesehen. Vgr. 400.
2. Ein ähnliches Präparat; der Embryo dreizellig. Vgr. 400.
3. Längsdurchschnitt eines Theils der Scheitelregion eines Prothallium mit abortirtem
und befruchtetem Archegonium. Vgr. 300 wie auch der folgenden Abbildungen.
4. Der von letzterem umschlossene Embryo frei präparirt und von der Rückenfläche
gesehen. Die Linie *a. b.* ist dem Schnitte parallel, welcher das befruchtete Arche-
gonium der f. 3 öffnete.
5. Befruchtetes Archegonium, durch einen der Vorderfläche des eingeschlossenen
Embryo parallelen Längsschnitt geöffnet.
6. Ein ähnliches Präparat; der Schnitt ist rechtwinklig zur Längsachse des ersten
Wedels des Embryo. Das Ende der ersten Achse des Embryo liegt nach vorn.
7. Embryo, vom Archegonium umschlossen, welch letzteres durch einen gegen die
Aussenfläche des Prothallium etwas geneigten Schnitt geöffnet ist. Der Schnitt
hat den Einführungsgang des Archegonium entfernt, indem er nahe unter diesem
durchging.
8. Ein Präparat, dem f. 5 abgebildeten ähnlich, mit weiter entwickeltem Embryo.
9. Embryo, frei präparirt, Seitenansicht.
10. Wenig weiter entwickelter Embryo, Längsdurchschnitt rechtwinklig zur Vorder-
fläche (beim Durchschneiden eines Prothallium zufällig erlangt).
11. Embryo, im Längsdurchschnitt; die Zahl seiner Zellen ist geringer als die der
vorhergehenden Abbildung, aber die charakteristische Dehnung der Scheitelzellen
der ersten Achse hat bereits begonnen.
12. Weiter vorgerückter Embryo, längsdurchschnitten.

13. Längsdurchschnitt des oberen Theils eines Prothallium, welches einen bis zum Durchbruch der Pflanze erster Generation entwickelten Embryo umschliesst; dieser ist vom Schnitte ebenfalls der Länge nach halbirt. Vgr. 200.

TAFEL IV.

1. Embryo, etwas weiter entwickelt als der f. 13 der vorhergehenden Tafel, längsdurchschnitten. Vgr. 200.
2. Längsdurchschnitt eines Embryo, dessen erste Wurzel und erster Wedel vor Kurzem das Prothallium durchbrachen. Vgr. 200.
3. Ansicht der Rückenfläche des zweiten Wedels einer Keimpflanze gleicher Entwicklungsstufe. Vgr. 200.
4. Längsdurchschnitt einer weiter entwickelten Keimpflanze. Die Spitzen des ersten Wedels und der ersten Wurzel sind nicht mitgezeichnet. Vgr. 200.

TAFEL V.

1. Das Stämmchen, die Basen des ersten und zweiten Wedels und die Ansatzstelle der Wurzel einer weiter vorgerückten Keimpflanze. Vgr. 250.
2. Das Stämmchen und der zweite Wedel eines längsdurchschnittenen Keimpflänzchen, dessen zweite Wurzel sich zu entwickeln beginnt. Diese selbst ist nicht durch die obere der Schnittflächen blosgelegt, welche dieses Präparat bilden; man sieht ein Stück ihrer Aussenfläche. Gleiche Vgr.
- 2^b. Diese zweite Wurzel derselben Keimpflanze längsdurchschnitten durch den unteren der beiden Schnitte, welche das f. 2 abgebildete Präparat darstellten. Gleiche Vgr.

TAFEL VI.

- Längsdurchschnitt einer drei Monate alten Keimpflanze. Die Spitzen des ersten und zweiten Wedels wie der ersten Wurzel sind in der Zeichnung weggelassen. Vgr. 200.

TAFEL VII.

1. Vier und einen halben Monat alte Keimpflanze, Seitenansicht. Vgr. 2.
2. Dieselbe im Längsdurchschnitt. Vgr. 60. Die dunkel und fleckig gehaltenen Stellen sind das Amylum führende Zellgewebe der Rinde; die Zellen der von diesen nach aussen gelegenen Rindenportionen enthalten nur wasserhelle Flüssigkeit.
3. Holzkörper und Endknospe desselben Präparats. Vgr. 300.
4. Sechs Monat alte Keimpflanze, Seitenansicht. Vgr. 3.

TAFEL VIII.

1. Längsdurchschnitt rechtwinklig zum grösseren Querdurchmesser des Stammes einer vier Monate alten Keimpflanze. Vgr. 200.
2. Längsdurchschnitt des Stammes rechtwinklig zu den Seitenflächen des Holzkörpers einer etwa acht Monate alten Keimpflanze. Vgr. 200.

- 3^a. Querdurchschnitt einer einjährigen Pflanze in der Höhe der Endknospe. Vgr. 30.
- 3^b. Querdurchschnitt derselben Pflanze in der Höhe der Vereinigungsstelle des Aufwuchses und des Niederwuchses des Holzkörpers. Gleiche Vgr.
4. Querdurchschnitt der gleichen Stelle einer zweijährigen Pflanze. Vgr. 40.
5. Querdurchschnitt eines abnormen, dreifurchigen, etwa 6 Jahre alten Stammes der *Isoëtes lacustris* in der Höhe der Vereinigungsstelle von Aufwuchs und Niederwuchs. Natürliche Grösse.
6. Der mittlere Theil desselben Präparats, 30fach vergr.
7. Die Endknospe desselben Individuum, von oben gesehen. Vgr. 300.

TAFEL IX.

1. Längsdurchschnitt rechtwinklig zur Stammfurche einer zehn Monate alten Pflanze. Vgr. 30.
2. Holzkörper und Endknospe derselben. Vgr. 300.

TAFEL X.

1. Längsdurchschnitt durch die Stammfurche einer etwa achtjährigen Pflanze. Vgr. 30.
2. Querdurchschnitt der Stamm-Mitte einer Pflanze gleichen Alters. Die Hauptmasse der Rinde, ihre beiden seitlichen Lappen, sind weggelassen. Vgr. 20.
3. 4. Endknospen von Pflanzen gleichen Alters, von oben gesehen. Vgr. 300.
5. Rudiment eines Spreublatts, von der Fläche gesehen. Vgr. 200.
6. Ein solches, weiter entwickelt.
7. Ausgebildetes Spreublatt. Vgr. 6.

TAFEL XI.

1. Die Endknospe und der obere Theil des Holzkörpers des Tafel IX f. 1 abgebildeten Stammes. Vgr. 300.
2. Dieselben Theile eines rechtwinklig zur Kerbe durchschnittenen Stammes. Vgr. 250.

TAFEL XII.

1. Längsdurchschnitt des Stammes, rechtwinklig zu dessen Furche, einer sechsjährigen Pflanze. Vgr. 20.
2. Längsdurchschnitt der Seitenfläche aus der Mittelregion des Holzkörpers einer älteren Pflanze, nebst einem Theile des Cambium. Eine der Zellen des Letzteren, durch drei Cambialzellen von den nächsten Holzzellen getrennt, beginnt zu verholzen. Vgr. 250.
3. Längsdurchschnitt eines Gefässbündelstücks aus dem älteren Theile der Rinde. Vgr. 250.
4. Querdurchschnitt nahe am Holzkörper eines zu einem älteren Wedel verlaufenden Gefässbündels. Gleiche Vgr.

TAFEL XIII.

1. Längsdurchschnitt der Spitze einer Wurzel, in welcher vor Kurzem die Gabelung eingeleitet wurde. Vgr. 400.
2. Die Hälfte einer gegabelten Wurzel im Längsschnitt. Vgr. 400.
3. Querdurchschnitt einer Wurzelspitze. Vgr. 400.
4. Querdurchschnitt einer gabelnden Wurzelspitze. Vgr. 400.
5. Längsdurchschnitt rechtwinklig zur Stammfurche der Endknospe eines kräftigen Exemplars. Vgr. 300.

TAFEL XIV.

1. Ein Stück des in Richtung seines grösseren Querdurchmessers längsdurchschnittenen Niederwuchses des Holzkörpers einer älteren Pflanze (Theil des T. IX f. 4 abgebildeten Präparats). Vgr. 200.
2. Junger Wedel einer alten Pflanze, von vorn gesehen. Vgr. 300.
3. Etwas entwickelterer Wedel in gleicher Ansicht. Gleiche Vgr.
4. Etwas jüngerer Wedel im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
5. 6. Der untere Theil der Vorderfläche etwas weiter entwickelter, fruchtbringender Wedel im Längsdurchschnitt. **Vel.** ist der die Frucht umsäumende Schleier. Gleiche Vgr.
7. Das untere Ende einer längsdurchschnittenen jungen Frucht (ihrer Stellung nach zur Bildung von Makrosporen bestimmt). Gleiche Vgr.
8. Längsdurchschnitt der Basis eines Wedels, der eine halbreife, Mikrosporen bildende Frucht trägt. Vgr. 20.
9. 10. Complexe von je 4 an einander haftenden Sporenmutterzellen. Vgr. 400.
- 11—20. Entwicklungsstufen der Mutterzelle von Mikrosporen; f. 14 bei 500facher, die übrigen bei 400facher Vgr.
- 11—13. Die Mutterzelle gleichmässig von körnigem Protoplasma erfüllt, in welchem der centrale Kern frei schwimmt.
14. An beiden Polen des kugeligen Kerns bilden sich Anhäufungen festeren Schleims, die Rudimente der secundären Kerne.
15. Nach Resorption des primären Kerns und nach Ausbildung der secundären schnürt sich der Primordialschlauch der Mutterzelle ein, deren Theilung einleitend.
- 16^a. Die secundären Kerne sind in der Wiederauflösung begriffen, bevor die Theilung des Mutterzellraums erfolgte.
- 16^b. Eine Mutterzelle, von einer durch ihren Aequator gelegten Scheidewand in zwei Hälften getheilt.
- 17^a. ^b. Mutterzellen, jede mit 4 freien tertiären Kernen, die bei 17^a in eine Ebene, bei 17^b nach den Ecken eines Tetraëders geordnet sind.
18. Vier durch die Mutterzelle vereinigte Specialmutterzellen; entstanden durch wiederholte Theilung der zwei Theilhälften der Mutterzelle (der Specialmutterzellen ersten Grades). Die diese theilenden Wände haben verschiedene Neigung.
19. Ein ähnliches Präparat; die vier Specialmutterzellen liegen in derselben Ebene.
20. Complex von Specialmutterzellen decussirter Stellung im letzten Stadium der Ausbildung, unmittelbar vor der Vereinzelung. Die innerste Schicht der sehr verdickten Zellhaut der Specialmutterzellen bricht das Licht weit stärker als die bereits

aufgequollenen äusseren Schichten. Behandlung mit Jodtinctur hat die Primordialschläuche der Zellen zum Zusammenschrumpfen gebracht.

21. Junge Mikrosporen, von den Specialmutterzellen umschlossen. Vgr. 300.
22. Halbreife Mikrosporen nach Resorption der Specialmutterzellen. Gleiche Vgr.

TAFEL XV.

1. Längsdurchschnitt eines Stämmchens der *Isoëtes tenuissima*, natürliche Grösse.
2. Die Endknospe desselben, 300fach vgr.
3. Querdurchschnitt des Stammes in der Höhe des Niederwuchses des Holzkörpers derselben Art. Vgr. 20.
4. Längsdurchschnitt eines Stammes derselben Art. Gleiche Vgr.
5. Querschnitt durch Stamm und Niederwuchs des Holzkörpers der *Isoëtes adpersa*. Vgr. 20.
6. 7. Tangentialschnitte rechtwinklig zu einer der Stammfurchen der *Isoëtes velata*, 6 dicht am Niederwuchs des Holzkörpers, 7 ihm etwas ferner.

TAFEL XVI.

1. Längsdurchschnitt eines alten Stammes der *Isoëtes Hystrix*. Vgr. 10.
2. Endknospe eines etwas jüngeren Individuum derselben Art im Längsdurchschnitt. Die von diesem halbirt Stammfurchen liegt zur Rechten. Vgr. 300.
3. 4. Terminalknospen der *Isoëtes setacea*, von oben gesehen. Vgr. 300.
5. Längsdurchschnitt einer vom Rindenparenchym umhüllten jungen Wurzel der *Isoëtes tenuissima*, nebst einem Theile des niederwachsenden Holzes und des diesem angränzenden Cambium. Der Inhalt der Zelle I. Grades und der aufwärts gekehrten Tochterzellen derselben ist mitgezeichnet. Vgr. 300.

II.

ÜBER DIE KEIMUNG DER EQUISETACEEN.

Die Fortpflanzung der Familie der Gefässkryptogamen, welche durch die hohe Organisation wie durch die morphologischen Eigenthümlichkeiten ihrer Vegetationsorgane vor allen ihren Verwandten sich auszeichnet, ist bis auf die neueste Zeit in tiefes Dunkel gehüllt gewesen. Seit Vaucher's Mittheilungen¹⁾ hat unsere Kenntniss der Keimung der Schaftthalme bis heute nur eine wesentliche Erweiterung erfahren: die Auffindung der Antheridien und Samenfäden durch Thuret.²⁾ Seine Entdeckung wurde durch Milde³⁾ und durch mich⁴⁾ bestätigt; Milde sowohl als ich gaben dabei die auf die einzelne Zelle zurückgeführte Entwicklungsgeschichte des Prothallium. Gleich den Aussaaten aller früheren Beobachter gingen auch die unsrigen zu Grunde, bevor Archegonien, geschweige denn Embryonen sich gebildet hatten; doch habe ich die ersten Rudimente von Archegonien 1850 beobachtet und abgebildet;⁵⁾ die von Milde gezogenen Prothallien starben noch früher ab, als die Meinigen.

1) Die Untersuchungen Vaucher's der Keimung von Equisetum sind nicht allein ungleich genauer und vollständiger als die J. Agardh's (*mémoires du muséum d'hist. nat.* T. IX [1822]); sondern auch früher angestellt. Beobachtungen Vaucher's, die eben so weit reichen als die Agardh's, stammen bereits aus dem Jahre 1815.

2) Als beiläufige Notiz in dessen Arbeit über die Samenfäden der Farn gegeben: *Annales des sc. nat.* Série III. T.

3) *Linnaea*, 1850.

4) Vergleichende Untersuchungen, S. 96 ff.

5) a. a. O. T. XX. f. 61, 62.

Ich habe seither meine Aussaatversuche dauernd fortgesetzt, und das Verfahren dabei mannichfach geändert. In den früheren Fällen wurden die Prothallien durch wuchernde niedere Algen und Moosvorkeime zeitig erstickt, bis auf diejenigen, die auf zufälligen Erhebungen des Bodens sich angesiedelt hatten. Ich machte neuerdings die Erde der Aussaat-Töpfe geflissentlich uneben; ich hielt die jungen Prothallien nur mässig feucht und entzog sie völlig den direkten Sonnenstrahlen. Die Sporen keimten rasch und entwickelten sich üppig; mit ihnen zugleich *Vaucheria sessilis*, *Nostoc commune* und *Cylindrospermum humicola*, deren Ueberhandnehmen den jungen Prothallien mit der alten Gefahr drohte, bis durch zeitweiliges starkes Ueberbrausen mit kaltem Wasser der Wucherung dieser Algen Einhalt gethan wurde. Bei solcher Behandlung entwickelten Prothallien, gekeimt aus Anfang Mai dieses Jahres ausgesäeten Sporen des *Equisetum arvense*, bereits Mitte Juni die ersten beblätterten Pflanzen.

Ich übergehe die Keimung der Spore, die ersten Entwicklungsstufen des Prothallium und die Bildungsgeschichte der Antheridien, als bereits (a. a. O.) ausführlich von mir geschildert. Dagegen habe ich über die Beschaffenheit der Samenfäden einiges nachträglich zu bemerken. Wie bekannt, tragen die beiden engeren vorderen Windungen des Spermatozoïds zahlreiche, ziemlich starke Wimpern, welche während der Bewegung des Samenfadens lebhaft schwingen. Die weitere letzte Windung, welcher diese Wimpern fehlen, erscheint während des raschen Umherschweifens des Samenfadens im Wasser etwas verjüngt; nach der Tödtung des Spermatozoïds durch Iod dagegen stark verbreitert.¹⁾ Diese auffallende Erscheinung gründet sich auf eine, soviel bis

1) Wie auch Thuret in seinen vor Kurzem veröffentlichten Abbildungen (*Annales des sc. nat.* Série III. T. XVI. pl. 16) die Sache darstellt. Ich habe früher (vergleichende Untersuchungen S. 101) den Samenfäden von *Equisetum* allgemein ein langgezogen peitschenförmiges Hinterende zugeschrieben. Es ist unzweifelhaft ein nicht seltenes Vorkommen, dass ein Samenfaden mit fadenförmiger Verlängerung seiner letzten Windung an Theilen des Prothallium festklebt und vergeblich sich loszuringen sucht. Der Antheridie eben entschlüpfte, kräftig sich bewegende Spermatozoïden zeigen nichts dergleichen, auch nicht nach Tödtung durch Jodtinctur. An zum Stillliegen gebrachten findet man nur kurze Anhängsel des Hinterendes (T. XVII f. 2—6) und auch diese nicht immer. Es ist nicht wahrscheinlich, dass ein so langer schwanzartiger Fortsatz bei der Tödtung eingezogen werde. Besser wird die Erscheinung durch die bei Besprechung der Samenfäden von *Isoëtes* (S. 129 dieses Bandes) bereits aufgestellten Annahme sich

jetzt bekannt im Pflanzenreiche völlig allein stehende Organisation. Das Ende des Samenfadens trägt an der Innenseite der Schraubenwindung einen breiten, flossenförmigen Anhang; eine zarte Membran, die während des Schwärmens des Fadens lebhaft flimmert, ähnlich den undulirenden Membranen der Spermatozoën von Kröten und Tritonen. — Bei irgend rascher Bewegung des Samenfadens ist der häutige Saum gleich den Cilien des Vorderendes unsichtbar; erst bei dem Erlahmen der Lebensthätigkeit des Spermatozoïds wird die Erscheinung deutlich (T. XVII. f. 4 — 6). Die Undulationen der Flosse dauern länger, als die Schwingungen der Wimpern. Das Hinterende des Samenfadens erscheint noch spitzlich, wenn die stillstehenden Cilien der vorderen Windungen bereits sichtbar werden.

Die Prothallien von *Equisetum arvense*, *pratense* und *palustre* sind scharf ausgeprägt diöcisch. Die Individuen, welche Antheridien tragen, bringen deren sehr reichlich; Archegonien aber nur in den seltensten Ausnahmefällen, und dann auf spät erscheinenden Sprossungen der Basis des Prothallium. Analog den Bildungen, die den Randzellen alter Farrnprothallien entspriessen, lassen sich diese als neue Individuen betrachten. Die männlichen Prothallien erreichen nicht die volle Grösse der weiblichen. Sie bestehen in der Regel aus nur einer bis zweien dickfleischigen Ausbreitungen von Zellgewebe, deren Ränder die Antheridien tragen, und etlichen dünnhäutigen, sterilen Sprossen. Ihr Chlorophyll contrastirt mit dem der weiblichen Prothallien durch einen deutlichen Stich ins Gelbe. Die tiefbraune Färbung, welche die ihres Inhalts entleerten Antheridien anzunehmen pflegen, giebt den männlichen Prothallien zeitig ein krankhaftes Aussehen.

Die Archegonien erzeugenden Prothallien bilden durchaus keine Antheridien. Sie verzweigen sich stärker und werden weit kräftiger, als die männlichen. Ein weibliches Prothallium ist bei normaler Entwicklung eine im allgemeinen Umriss kreisförmige Vereinigung von drei bis sechs fleischigen Zellgewebsmassen, die sehr zahlreiche, kräftig grüne

erklären lassen, dass das Hinterende des Samenfadens aus sehr weicher, halbflüssiger Masse bestehe, die leicht irgendwo festklebt und sich dann zu Fäden auszieht. Diese Vermuthung gewinnt dadurch an Wahrscheinlichkeit, dass Samenfäden, die ihre Bewegung (nach $\frac{1}{4}$ bis 2stündiger Dauer) freiwillig endeten, stets einen Schwanz, oft von sehr bedeutender Länge, zeigen. Solche Samenfäden sind unzweifelhaft durch Einwirkung von Wasser aufgequollen. Ihre fleischige Substanz pflegt Vacuolen zu enthalten.

krause Sprossungen von zarterer Textur tragen, von $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Zoll Durchmesser. Mit jungen Pflanzen des *Anthoceros punctatus* hat das Gebilde grosse Aehnlichkeit. Die Archegonien treten weit später auf, als die Antheridien gleichzeitig ausgesäeten Sporen entsprossener männlicher Prothallien; das jüngere weibliche Prothallium zeigt sich anscheinend steril. — Die Sporen, aus denen weibliche, und die, aus denen männliche Prothallien entstehen, sind von durchaus gleicher Grösse und gleicher Beschaffenheit. Aeussere Einflüsse scheinen deutlich von Wirkung auf das Geschlecht der keimenden Prothallien. Ein trockenerer, hellerer Standort scheint bei *Eq. arvense* die Entwicklung von Antheridien entschieden zu begünstigen. Die Sporen von *Eq. arvense* und *pratense* gaben bei der Aussaat vorwiegend männliche,¹⁾ die von *Eq. palustre* bei meinen wiederholten Versuchen nur weibliche Prothallien.

Die Archegonien entstehen aus der Vermehrung einzelner Zellen des Vorderrandes der dickfleischigen Lappen des Prothallium. Nach Anlegung des Archegonium pflegt die Zellgewebsmasse, welcher das Organ eingefügt ist, unter ihm weiter zu wachsen, so dass die Archegonien, ähnlich denen von *Pellia*, später auf die Oberfläche des Prothallium zu stehen kommen. Neben jedem Archegonium bildet sich gewöhnlich eine schmale dünnhäutige Sprossung des Prothallium (T. XIX. f. 4).

Die Mutterzelle eines Archegonium, chlorophyllhaltig gleich ihren Nachbarinnen, unterscheidet sich von diesen nur durch ihren reicheren Gehalt an Protoplasma. Nach beträchtlicher Wölbung ihrer freien oberen Wand erfolgt ihre erste Theilung durch eine horizontale Membran. Die untere beider Theilhälften, völlig dem Gewebe des Prothallium eingesenkt, wird zur Centralzelle des Archegonium. Durch wiederholte Zweitheilung der oberen bildet sich der Mündungsgang desselben.

Die erste dieser Theilungen ist die durch eine verticale Längswand. Eine ebenfalls senkrechte Wandung, rechtwinklig zu der eben gebilde-

1) 1849, 50 und 51 erhielt ich nur männliche Prothallien, an denen erst spät und einzeln auf Adventivsprossen Rudimente von Archegonien sich zeigten. Im Sommer des laufenden Jahres überwog die Zahl männlicher Prothallien die der weiblichen etwa um die Hälfte. Der Sommer 1852 scheint der Keimung der Schaftthalme besonders günstig gewesen zu sein. In einem Garten cultivirte Exemplare des *Eq. variegatum* hatten selbst Sporen ausgesäet (Anfang Mai). Mitte Juli entwickelten die in Mehrzahl vorhandenen weiblichen Prothallien beblätterte Pflänzchen.

ten, tritt sofort in jeder der beiden neuentstandenen Zellen auf. Die vier Zellen, welche die inzwischen nach oben sich stark wölbende Centralzelle decken und umkleiden, wachsen gleichmässig aufwärts und werden während dem wiederholt durch horizontale Querwände getheilt, — genau in der Art wie die vier Scheitelzellen der Fruchtanlage einer Jungermanniee.¹⁾ So bildet sich ein die Centralzelle des Archegonium überragender Cylinder, zusammengesetzt aus vier Längsreihen von Zellen (T. XVII f. 7—9). Das oberste Doppelpaar derselben streckt sich sehr bedeutend in die Länge. Ihm folgt in dieser Längsdehnung das nächstbenachbarte, wiewohl in minderem Maasse. Die beiden unteren Zellendoppelpaare des Halstheiles des Archegonium strecken sich kaum merklich aufwärts; dagegen greift bis in sie, mindestens bis in das untere derselben, die in den Nachbarinnen der Centralzelle anhebende Vermehrung: die Theilung durch auf den Wänden dieser letzteren senkrechte Membranen, wechselnd mit ihnen parallelen. In Folge dieser Theilungen erscheint bei völliger Ausbildung des Archegonium die Centralzelle desselben von einer oder zweien epitheliumähnlichen Zellschichten umgeben (T. XVII f. 10—12).

In der Centralzelle bildete sich schon auf den ersten Entwicklungsstufen des Archegonium eine freie Tochterzelle, das Keimbläschen. Sie entsteht um einen in der Scheitelwölbung der Zelle auftretenden secundären Kern (T. XVII f. 7, 8), bisweilen schon zu der Zeit, da die Quertheilungen der den Archegonienhals bildenden zwei Zellenspaare eben erst beginnen (T. XVII f. 7). Allmählig wächst sie heran; verdrängt während der Ausbildung des Archegonium mehr und mehr den übrigen Inhalt der Centralzelle, namentlich den bei ihrer Bildung noch vorhandenen zweiten Kern derselben. Auch dieser ist, wie es scheint, ein secundärer Kern; durch abgeplattete Form und mindere Grösse (T. XVII f. 7, 8) weicht er ab vom kugeligen primären Kern der Centralzelle (T. XVII f. 9). Bei dem Aufbrechen des Archegonium pflegt etwas körniger Schleim, der letzte Rest des nicht in Bildung des Keimbläschens eingegangenen Inhalts der Centralzelle, der Aussenwand der freien sphärischen Zelle anzulagern (T. XVII f. 11).

Jetzt treten die vier, den Halstheil des Archegonium bildenden Längsreihen von Zellen an ihren Berührungskanten aus dem Zusammen-

1) Vergleichende Untersuchungen, S. 18, 38.

hange. Es bildet sich ein auf die Centralzelle zuführender, die Längsachse des cylindrischen Halses durchziehender offener Kanal, der Einführungsgang des Archegonium. Die vier langgestreckten Zellen seiner Mündung biegen sich halbkreisförmig zurück. Dadurch erhält das Archegonium eine sehr abenteuerliche Gestalt; es gleicht einem vierarmigen Wurfanker (T. XVII f. 11, 12). Die bogigen Mündungszellen enthalten beim Auseinandertreten keine festen Stoffe mehr; die wenigen Chlorophyllbläschen sowohl als der Zellenkern sind verschwunden. In gleicher Weise verhalten sich die vier sie tragenden Zellen. Der freie Hals des Archegonium ist glasartig durchsichtig.

Die Archegonien der Equisetaceen weichen in ihrem Baue weit weniger von den gleichen Organen der Farrnkräuter ab, als ihre Antheridien. Sie stimmen namentlich in allen wesentlichen Zügen überein mit denjenigen Archegonien der Polypodiaceen, deren Halstheil aus nur vier Längsreihen von Zellen besteht.¹⁾ Man darf es aussprechen, dass die Equisetaceen durch die Diöcie ihrer Prothallien, wie durch die ausnahmslose Aehnlichkeit des Baues ihrer Archegonien mit denen der Rhizocarpeen, namentlich der Pilularia, den Uebergang von den Farrn zu den Rhizocarpeen vermitteln.

Männliche und weibliche Prothallien wachsen in nächster Nachbarschaft, oft mit ihren Sprossungen sich verflechtend. Der Weg zu den Archegonien, den nicht nur jeder Regen, sondern schon jeder starke Thau den Samenfäden bahnt, wird ihnen noch dadurch erleichtert, dass beim freiwilligen Aufbrechen überreifer Antheridien²⁾ die eingeschlossenen noch in ihren Mutterzellchen enthaltenen Samenfäden mit nicht unbeträchtlicher Gewalt, mehrere Linien weit spritzend, hervorgetrieben werden. — Im Einführungskanale eines vor Kurzem befruchteten Archegonium fand ich schleimige Massen, abgestorbenen Samenfäden völlig ähnlich (T. XVII f. 13).

Die erste Veränderung, welche am befruchteten Archegonium sichtbar wird, ist die weitere Vermehrung der Zellen des die Centralzelle umgebenden Gewebes. Es theilen sich diese wiederholt durch Längs- und Querwände; besonders lebhaft die Zellen der epitheliumartigen

1) Vergleichende Untersuchungen, S. 81.

2) Bei dem allein das von Thuret abgebildete zierliche Krönchen (*Ann. d. sc. nat.* III S. T. XVI. t. 16. f. 1) sich bildet.

Schicht, welche der Centralzelle zunächst angränzt. Unmittelbar nach der Befruchtung schliesst sich vollständig das untere Ende des Einführungsganges durch horizontale Dehnung der Zellen seiner Wände (T. XVII f. 43). Das befruchtete Keimbläschen hat unterdessen an Grösse etwas zugenommen. Sein Kern ist verschwunden; eine Schicht feinkörnigen Protoplasma's überzieht seine Innenwand (T. XVII f. 43). Jetzt erst, nach der Obliteration des unteren Endes des Einführungsganges, beginnt die Reihenfolge von Theilungen des Keimbläschens, durch welche der Embryo angelegt wird.

Das Keimbläschen theilt sich zunächst durch eine gegen die Längsachse des Archegonium geneigte Wand. Beide Theilhälften werden sofort aufs Neue durch Querwände getheilt, welche rechtwinklig zu den eben gebildeten stehen. Bald schreitet die obere, bald die untere der zwei ersten Zellen des rudimentären Embryo ihrer Schwester in dieser Theilung voraus (T. XVII f. 44).

Jetzt oder wenig später schrumpfen die zurück gekrümmten Zellen der Archegonienmündung zusammen und fallen ab. Auch die sie tragenden vier gestreckten Zellen des Archegonienhalses enden ihre Lebensthätigkeit. Soweit ihre Wände den Einführungsgang des Archegonium bilden, färben sie sich tiefbraun.

Die Zahl der Archegonien eines kräftig entwickelten Prothallium beträgt 20 bis 30; sie übertrifft somit die der Antheridien selbst der grössten männlichen Prothallien. In der Regel wird mehr als ein Archegonium befruchtet; ich zählte bis zu sieben Embryonen in einem und demselben Prothallium. Bei unbefruchtet gebliebenen Archegonien erstreckt sich die braune Färbung auf die Wände des ganzen, offen bleibenden Einführungsganges und auf die Centralzelle sammt Inhalt (T. XIX f. 4).

Durch eine Reihenfolge je in der Endzelle sich wiederholender Theilungen, welche in der dreiseitigen Zelle anhebt, die das untere Ende des Embryo-Rudiments einnimmt, wird die erste, unentwickelt bleibende Achse des Embryo angelegt (T. XVII f. 44—48; T. XVIII f. 4—3). Die Zellen zweiten Grades derselben theilen fürs Erste sich nur durch auf den freien Aussenflächen senkrechte Längs- und Querwandungen (T. XVII f. 49); spät erst treten diesen Flächen parallele Wände auf, innere Zellen bildend. — Eine ähnlichen Regeln folgende Zellenvermehrung beginnt in der einen seitlichen Zelle des vierzelligen Embryo-Rudiments. Die Linien, in welchen die ersten der in ihr auftretenden Theilungs-

wände sich schneiden, sind parallel der Längsachse des Archegonium (T. XVII f. 16—18). Es wird dadurch eine seitliche Sprossung des Embryokügelchens gebildet: die zweite Achse der Keimpflanze, ihr erster blätterbringender Spross. Durch das beträchtliche Wachsthum in die Dicke der primären Achse unterhalb der Ursprungsstelle der secundären, noch mehr durch die Aufwärtskrümmung der Letzteren während ihrer Entwicklung wird die Anlage des secundären Sprosses binnen Kurzem nahezu auf den Scheitel der kugeligen Zellenmasse gerückt, als welche der Embryo jetzt erscheint; in geringe Entfernung von der Stelle, an welcher das (jetzt völlig obliterirte) untere Ende des Einführungsganges des Archegonium mündete (T. XVIII f. 5, 6).

Bis jetzt lässt sich die Embryoanlage ohne grosse Schwierigkeit frei präpariren. Von nun an aber treten die Zellen der Oberfläche ihrer primären Achse in immer innigeren Zusammenhang mit den benachbarten Zellen des Prothallium, während diese — zum Theil noch immer in Vermehrung begriffen — von der an Grösse rasch zunehmenden neuen Pflanze mehr und mehr zusammengedrückt, endlich resorbirt werden.

Das Ende der secundären Achse des Embryo gleicht schon frühe in Gestalt, wie in der Art der Vermehrung seiner Zellen vollkommen der Endknospe des Sprosses einer entwickelten Schafthalmpflanze. An dem spitz-kegelförmigen Wäzchen von Zellgewebe lässt sich die verhältnissmässig grosse Scheitelzelle, wie die leiterartig ineinander greifende Anordnung der Zellen zweiten Grades deutlich unterscheiden (T. XVIII f. 5). Wenn die Knospe diese Form angenommen hat, bildet sie sofort ihr erstes Blatt: gleich denen der ausgebildeten Pflanze eine geschlossene gleichhohe Ringscheide (*a* der fig. 5 der T. XVIII), deren Rand, durch anfangs gleichzeitige Theilung seiner Zellen mittelst wechselnd nach innen und aussen geneigter Wände aufwärts sich verlängernd, nach einiger Zeit in drei zuerst stumpfe, bald spitzer werdende Lappen auswächst (T. XVIII f. 6).

Gleichzeitig mit diesen drei Spitzen des Randes des ersten Scheidenblatts wird die erste Adventivwurzel der Keimpflanze sichtbar. Aus der Vermehrung einer Zelle des inneren Gewebes der primären Achse entstanden, zeigt sie sich zuerst als kleiner, halbkugelter Höcker an der dem secundären beblätterten Sprosse abgewendeten Seite des Embryo (T. XVIII f. 6). Die Wurzel, durch Vermehrung einer Zelle des Inneren ihrer Spitze, in gleicher Weise wie die Wurzel der entwickelten Pflanze in

die Länge wachsend,¹⁾ bohrt senkrecht abwärts in das Gewebe des Prothallium (T. XIX f. 2; T. XVIII f. 7), durchbricht endlich dasselbe und dringt rasch ziemlich tief in den Boden. Wenig später bricht auch der aufwärts wachsende Laubspross aus dem Prothallium hervor. Er bildet eine mässige Anzahl, zehn bis funfzehn, gestreckter Internodien. Alle seine Scheidenblätter sind dreizählig; dies gilt von allen untersuchten Arten, von *Equisetum arvense* wie von *E. pratense* und *variegatum*.

Nach dem Hervortreten von Wurzel und Laubspross aus dem Prothallium bilden sich im Inneren beider Organe die Gefässbündel: im Stengel drei in engem Kreise stehende; in der Wurzel ein einziges axiles (T. XIX f. 5). Im ersten Knoten der Keimpflanze, da wo der erste Laubspross und die erste Adventivwurzel von der primären Achse sich abzweigen, wandeln sämtliche Zellen der Region, in denen die Gefässbündel beider sich vereinigen, zu kurzen Ring- und Spiralfaserzellen sich um, eine geschlossene Holzmasse ohne Mark bildend (T. XIX f. 3). Die primäre Achse des Embryo, bei den Equisetaceen von weit beschränkterer Entwicklung als bei Farn und Rhizocarpeen, jetzt seitlich an der Keimpflanze stehend, bleibt gefässlos. Ihre Zellen, in denen nun viel Chlorophyll auftritt, strecken sich aufwärts.

Hat der erste beblätterte Stengel einen gewissen Grad der Entwicklung erreicht, so entsteht im Innern seines Rindengewebes eine Adventivknospe aus Vermehrung einer Cambialzelle seiner Basis, auf der Höhe der soliden Holzmasse des ersten Knotens. Diese Knospe steht an der Seite des Laubsprosses, welche der primären Achse der Keimpflanze abgewendet ist, unter der Einsenkung zwischen zweien Lappen der ersten Scheide (T. XIX f. 3). In dieser ihrer Stellung wie in der Art ihrer Entwicklung entspricht sie vollständig den Adventivknospen, durch welche alle und jede Verzweigung der entwickelten Schafthalmpflanze erfolgt.²⁾ Rasch und stark heranwachsend, gelangt sie nach Durchbrechen der Rinde ihres Muttersprosses bald ins Freie. Von der ersten beblätterten Achse unterscheidet sie sich durch vierzählige Blattscheiden, und beim Hervortreten durch blassgelbe, elfenbeinähnliche Farbe. Der neue Sprössling, von weit kräftigerer Entwicklung als der erste Spross, ist das zweite Glied in der Reihe von Erstar-

1) Vergleichende Untersuchungen, S. 96.

2) Vergleichende Untersuchungen, S. 94.

kungsgenerationen (aus Adventivknospen der untersten Scheiden hervorgehender Sprossen), mittelst welcher aus dem schwächtigen ersten Stengel mit dreizähligen Blättern die kräftigen Schossen mit vielzähligen Scheiden und reicher Beästung hervorgehen, deren grundständige Adventivknospen endlich zu fruchttragenden Stengeln sich ausbilden.

Bisweilen schon die dritte, und wenn nicht diese, eine oder mehrere der folgenden (das Perenniren der keimenden Pflanze vermittelnden) Haupt-Adventivknospen wendet sich in ihrer Entwicklung seitwärts, bisweilen steil abwärts, dringt in den Boden und bildet so das erste der unterirdisch verlaufenden horizontalen Rhizome des Schafthalms. Die Scheidenblätter auch dieser unterirdischen, reichlich Adventivwurzeln treibenden Achse sind vierzählige. Die Sprossen aber, die aus den Basen ihrer Scheiden hervorbrechen, theils nach oben ans Licht tretend, theils senkrecht abwärts zu grosser Tiefe in die Erde bohrend, sind bedeutend stärker als alle früheren und tragen fünfzählige Scheiden.

In den Basen auch der oberen Scheidenblätter der ersten Sprossen der Keimpflanze entstehen Adventivknospen, von denen bei *Equisetum arvense* nur selten und unregelmässig eine bis zwei die Rinde des Muttersprosses durchbrechen und zu Laubzweigen eng begrenzter Längsentwicklung sich ausbilden. Die Armuth der an der ersten Achse kaum je dreigliedrigen, an den nächstfolgenden höchstens vierzähligen Zweigquirle steht in auffallendem Gegensatze zur reichen Beästung der vegetativen Sprossen alter Individuen. Zweigleinbildung ist an jenen Zweigen ein seltener Ausnahmefall.

Die Entwicklung der Keimpflanze geht unter günstigen Verhältnissen sehr rasch und üppig vor sich. In der ersten Woche des Juni aus dem Prothallium hervorgebrochene Keimpflanzen des *Eq. arvense* bildeten bis Anfang Augusts sieben Sprossgenerationen, die letzte bereits fusshoch und von $1\frac{1}{2}$ ''' Durchmesser, aber noch mit vierzähligen Scheiden. Die starken Seitensprossen unterirdischer Rhizome wurden gegen Ende August sichtbar.

ERKLÄRUNG DER ABBILDUNGEN.

(Alle Figuren beziehen sich auf die Keimung des *Equisetum arvense*.)

TAFEL XVII.

1. Samenfaden, durch Zusatz sehr verdünnter wässriger Jodlösung zum Erlahmen der Bewegungen gebracht. Die starr gewordenen Wimpern sind bereits sichtbar, während die Schwanzflosse durch ihre Undulationen sich noch der Beobachtung entzieht. Vgr. 400, wie auch der folgenden fünf Figuren.
2. Samenfaden nach völliger Tödtung durch das gleiche Reagens. Sein Hinterende, bereits etwas aufgequollen, hat eine solche Lage, dass die Flosse nur wenig sichtbar ist. Es schliesst ein Kügelchen das Licht stärker brechender Substanz ein. Ein seltener Fall.
3. Samenfaden, der dem freiwilligen Ende seiner Bewegungen nahe ist. Er dreht sich noch langsam um die eigene Achse, mit dem Vorderende nach unten gerichtet.
- 4 — 6. Samenfäden, durch weingeistige Jodtinctur getödtet. Sie sind weit stärker zusammengezogen, als solche, die ihre Bewegungen freiwillig oder bei Zusatz von sehr wenig Jod zum Wasser allmählig endeten. Wie aus dem Vergleich der bei gleicher Vergrösserung gezeichneten Figuren 3 und 6 hervorgeht, unterliegt die Grösse der Samenfäden beträchtlichen Schwankungen.
7. Rudiment eines Archegonium im Längsdurchschnitt. Vgr. 300.
8. 9. Weiter entwickelte Archegonien, längsdurchschnitten. Fig. 8 200fach, f. 9 300fach vergrössert.
10. Archegonium im Längsdurchschnitt, kurz vor, f. 11 unmittelbar nach dem Aufbrechen. Vgr. 300.
12. Perspektivische Ansicht eines vor Kurzem aufgebrochenen Archegonium, mittelst zweier paralleler Längsdurchschnitte das Prothallium freigelegt. Vgr. 300.
13. Längsdurchschnitt eines eben befruchteten Archegonium. Vgr. 200.
- 14 — 18. Frei präparirte Embryonen verschiedener Entwicklung. Vgr. 200.
19. Zufällig erlangter Querdurchschnitt eines rudimentären Embryo. Vgr. 200.

TAFEL XVIII.

1. 2. 3. Längsdurchschnitte befruchteter Archegonien mit dem in der Centralzelle enthaltenen Rudimente des Embryo; f. 1 300fach, f. 2. 3 200fach vergr. Bei f. 2 sind die Mündungszellen des Archegonium bereits abgefallen.

4. Längsdurchschnitt eines Lappens eines Prothallium, auf dem zwei befruchtete Archegonien stehen. Vgr. 200.
- 4^b. Eine der Zellen, welche die Centralzelle des befruchteten Archegonium rechts der vorigen Figur begrenzen, nach dem Herauspräpariren des Embryo von der Fläche gesehen. Vgr. 300.
5. 6. Embryonen vorgerückter Entwicklung, beide von vorn gesehen, so dass die primäre und secundäre Achse beide in die Gesichtslinie fallen. Vgr. 200.
7. Theil eines Prothallium mit einer Keimpflanze, deren Wurzel und erster Laubspross das Prothallium vor Kurzem durchbrachen. Vgr. 10.

TAFEL XIX.

1. Ein Lappen eines stark entwickelten Prothallium, längsdurchschnitten. Ausser fehlgeschlagenen Archegonien ist ein befruchtetes mit schon weit entwickeltem Embryo vom Schnitte blosgelegt. Vgr. 100.
 2. Embryo, der im Begriff ist das Prothallium zu durchbrechen, durch einen Längsschnitt durch dasselbe blosgelegt.
 3. Längsdurchschnitt des unteren Theils einer Keimpflanze, ungefähr von der Entwicklung der f. 7 der vorhergehenden Tafel. Vgr. 100.
 4. Endknospe der zweiten Achse einer Keimpflanze, von oben gesehen. Vgr. 300.
 5. Querdurchschnitt der ersten Wurzel einer Keimpflanze. Vgr. 300.
-

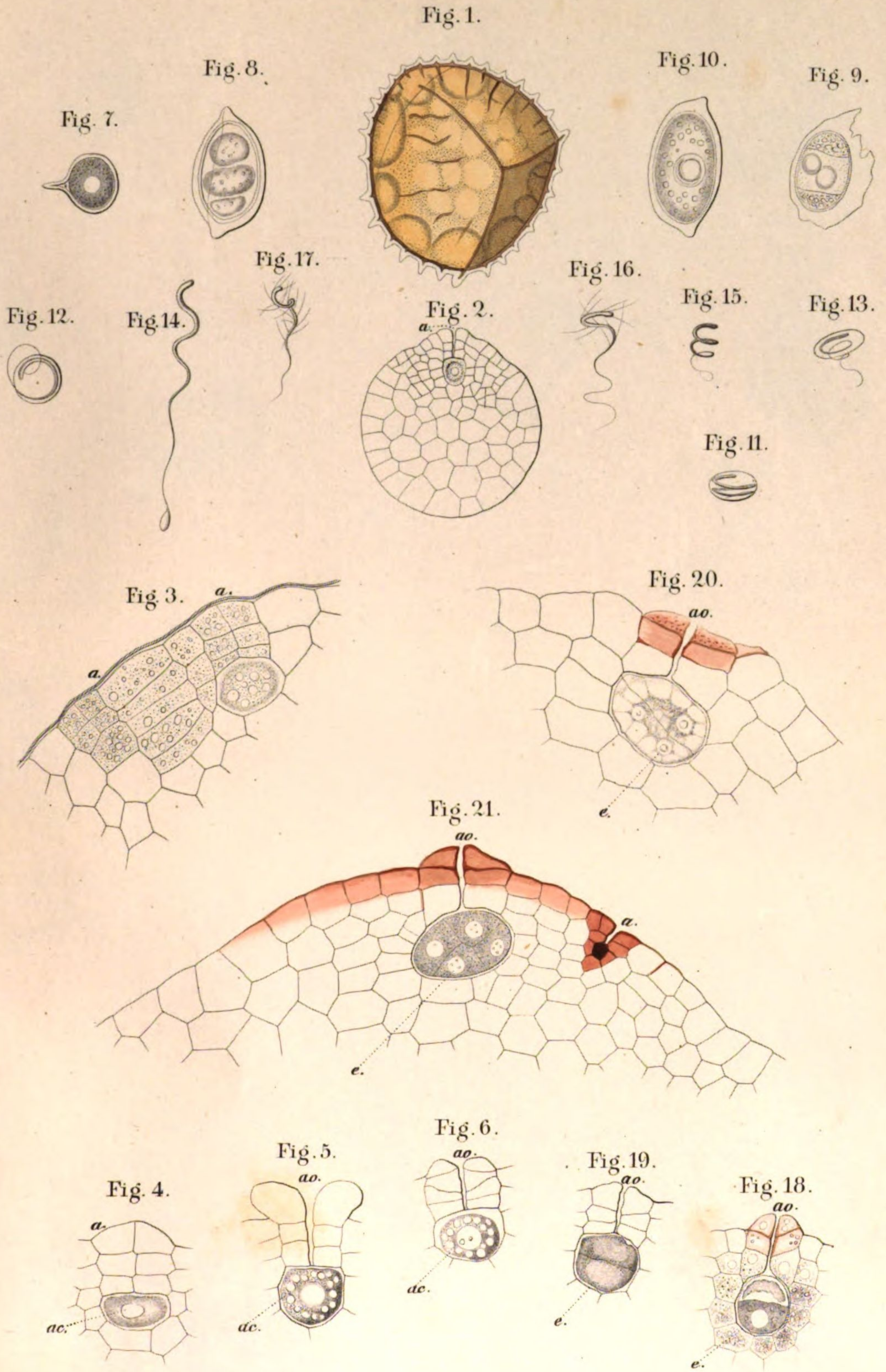


Fig. 1.

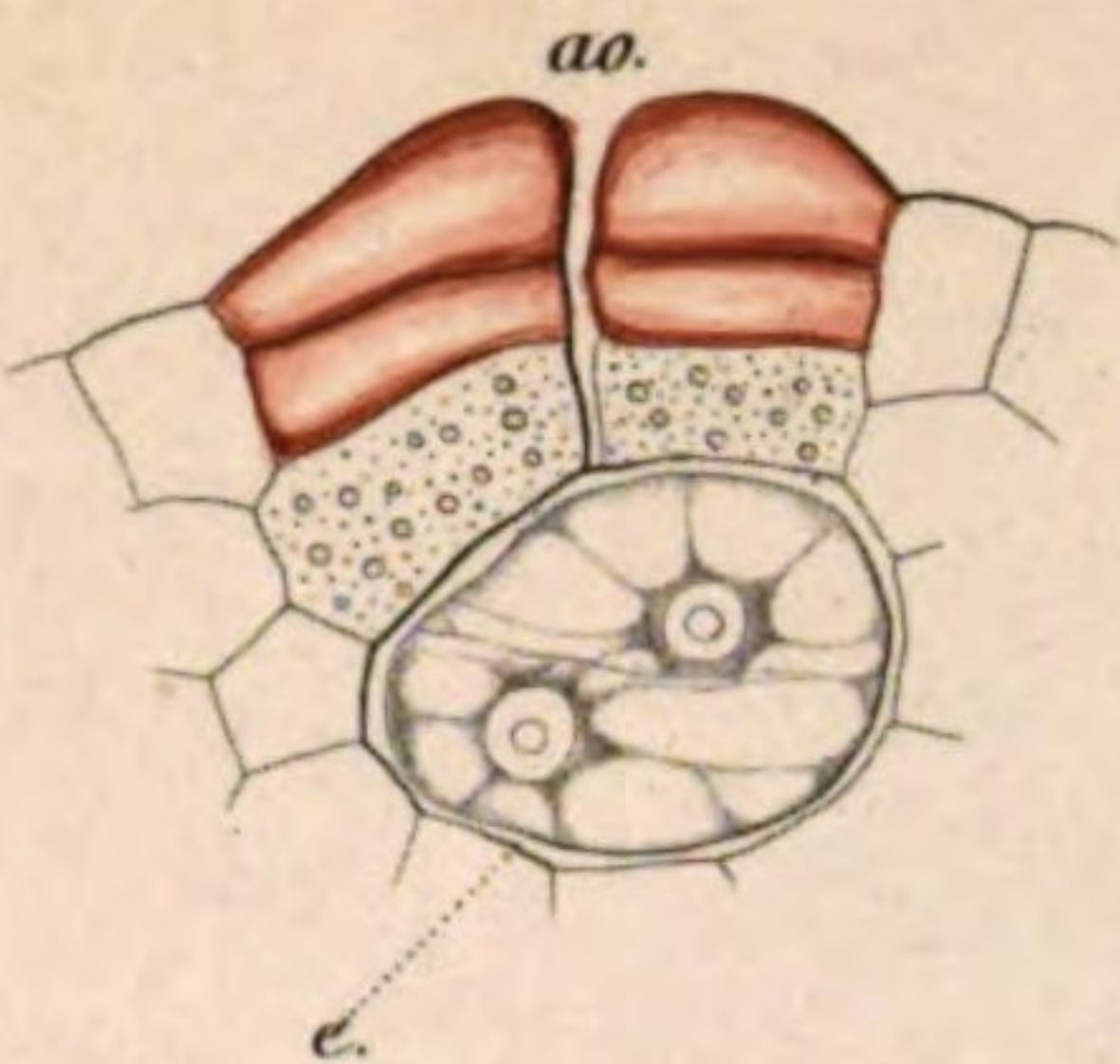


Fig. 2.

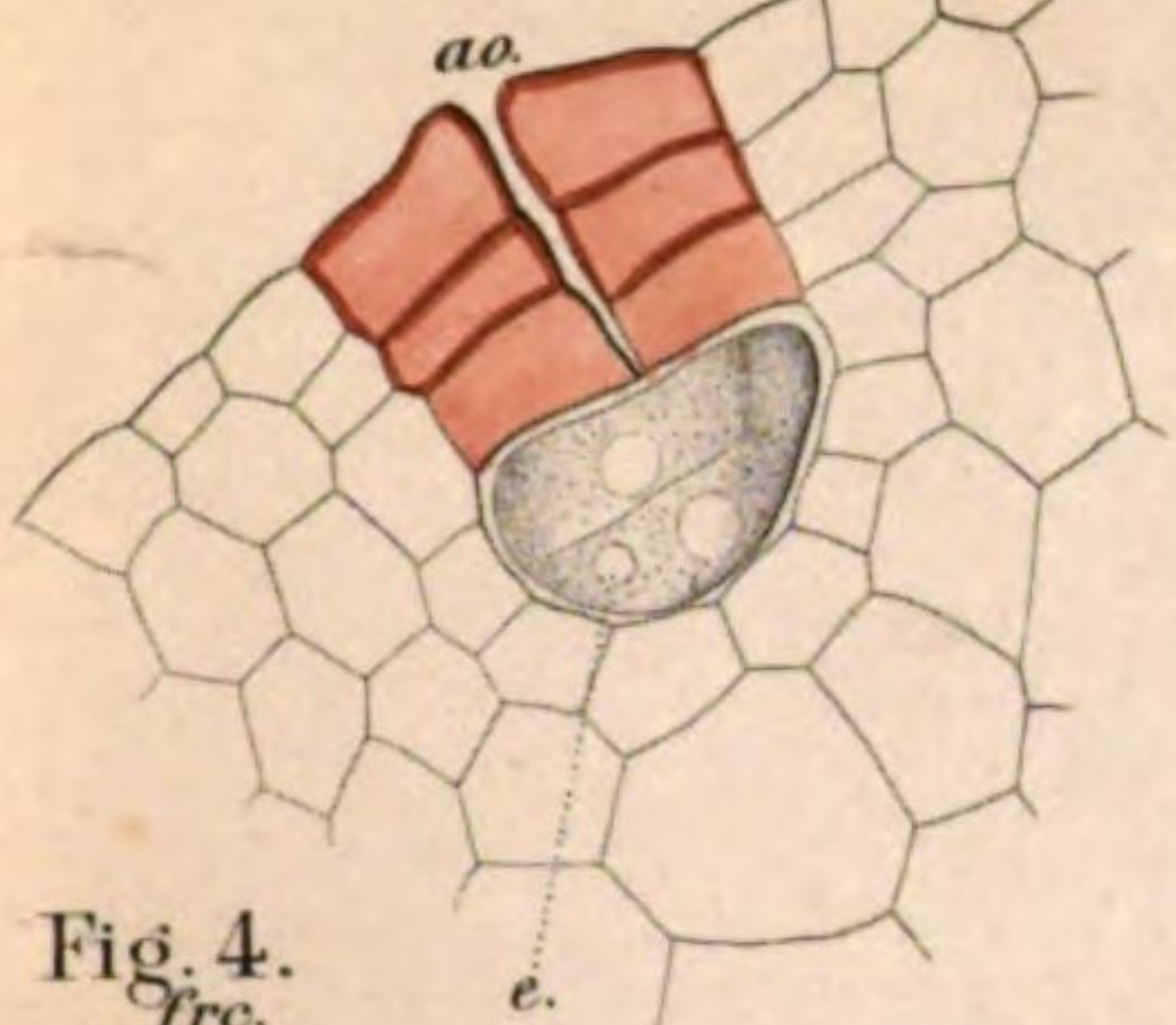


Fig. 3.

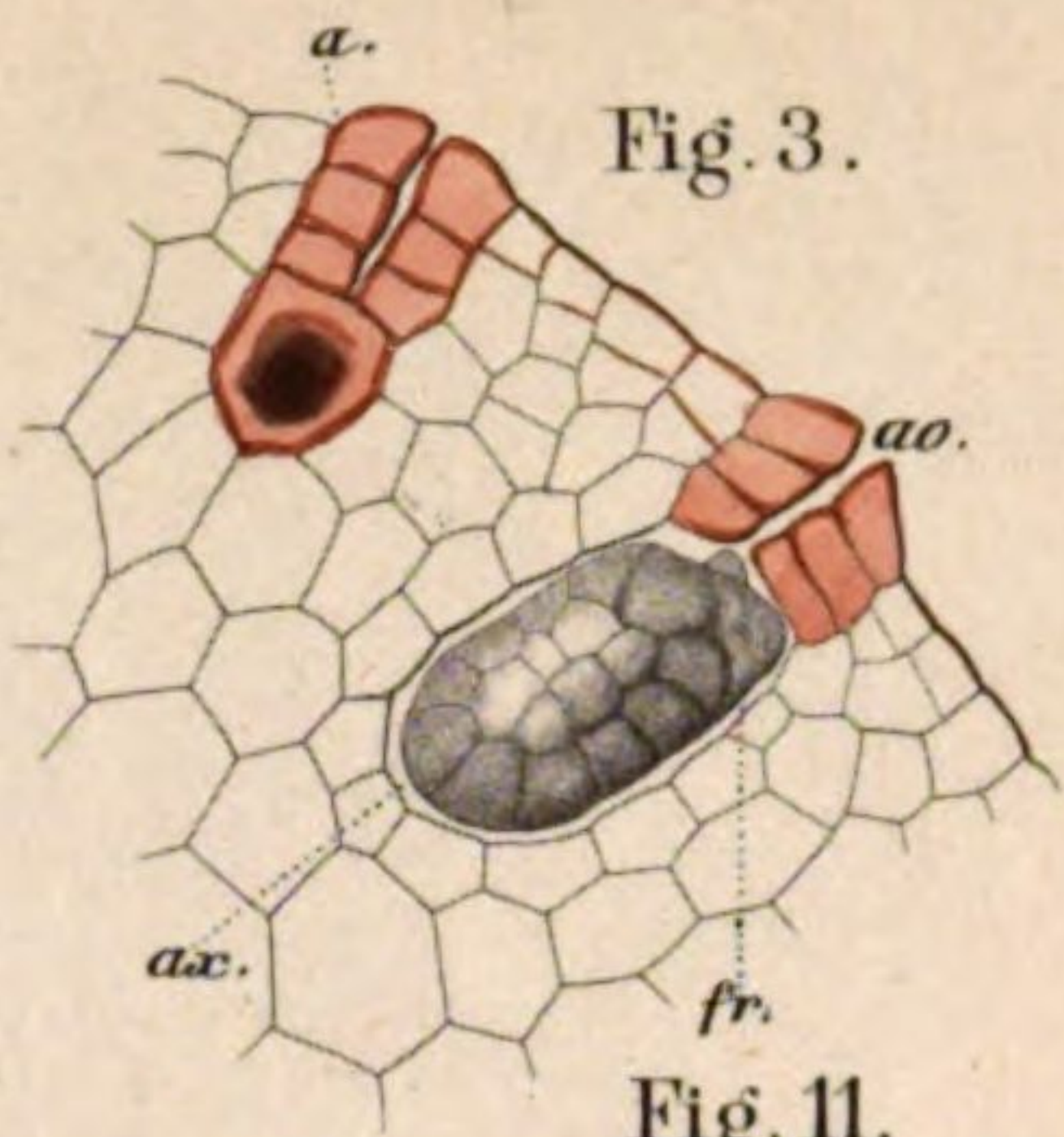


Fig. 4.



Fig. 6.

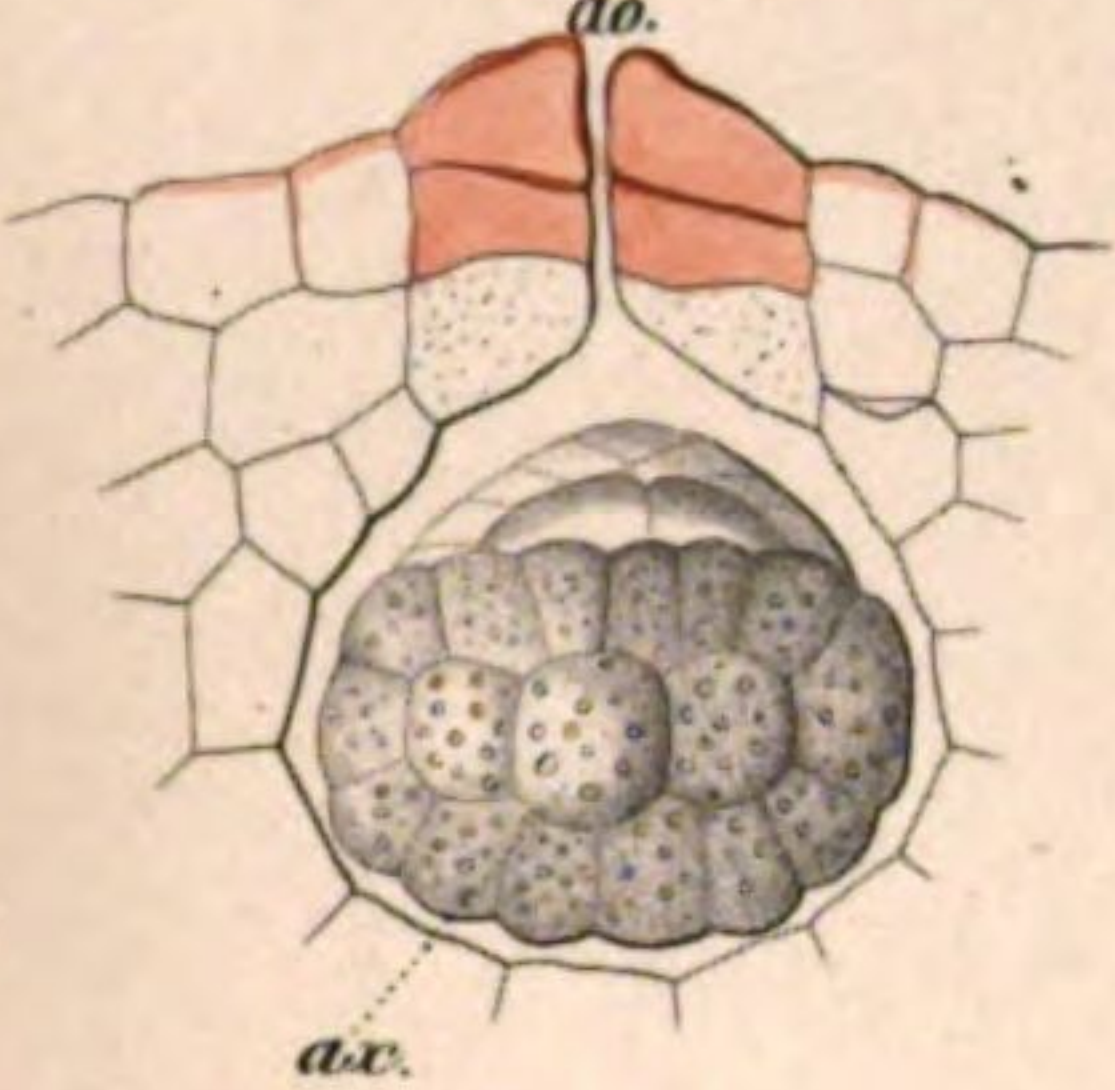


Fig. 7.

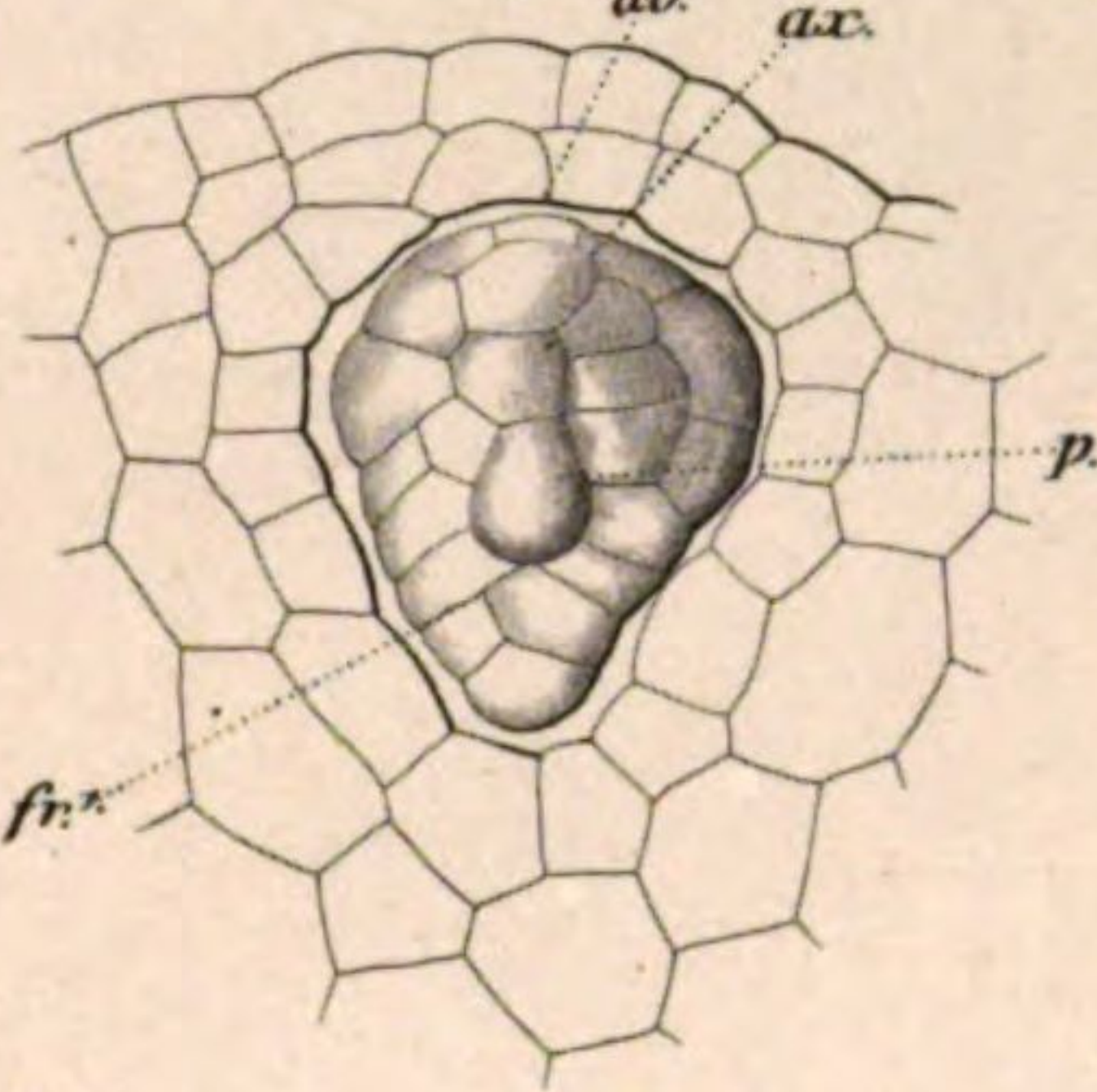


Fig. 11.

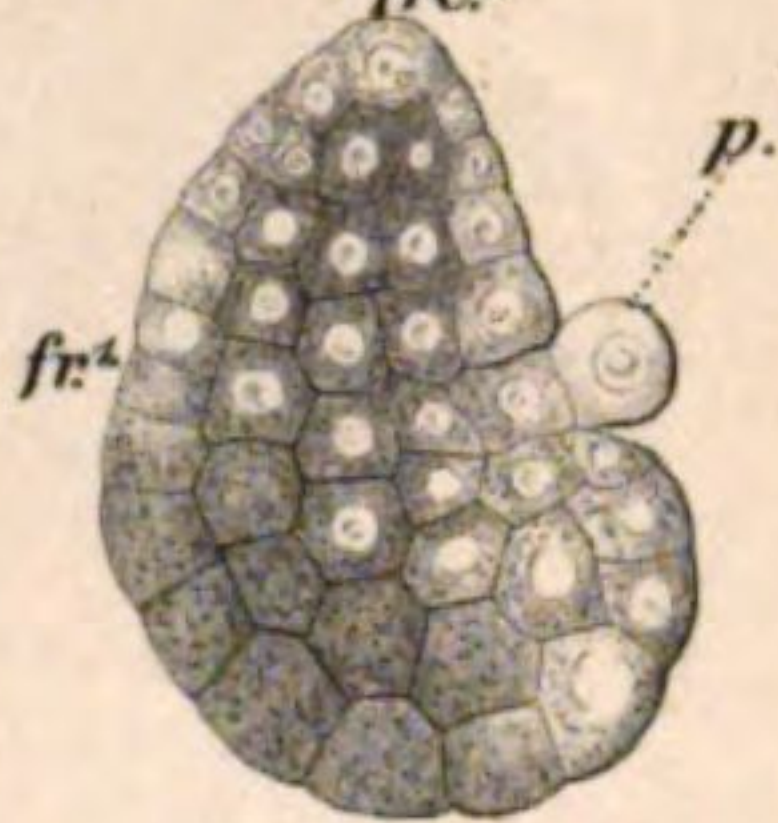


Fig. 9.



Fig. 5.

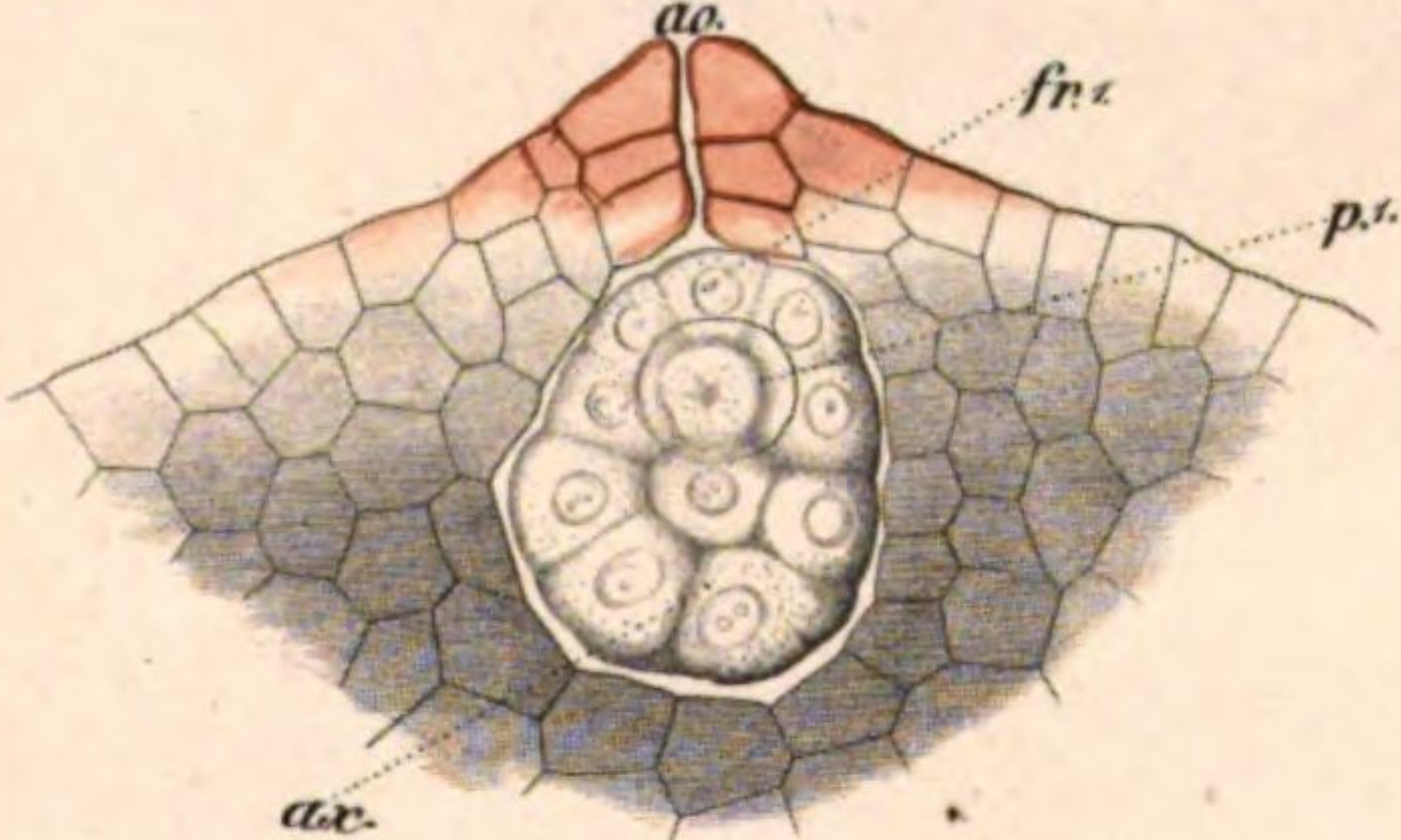


Fig. 8.

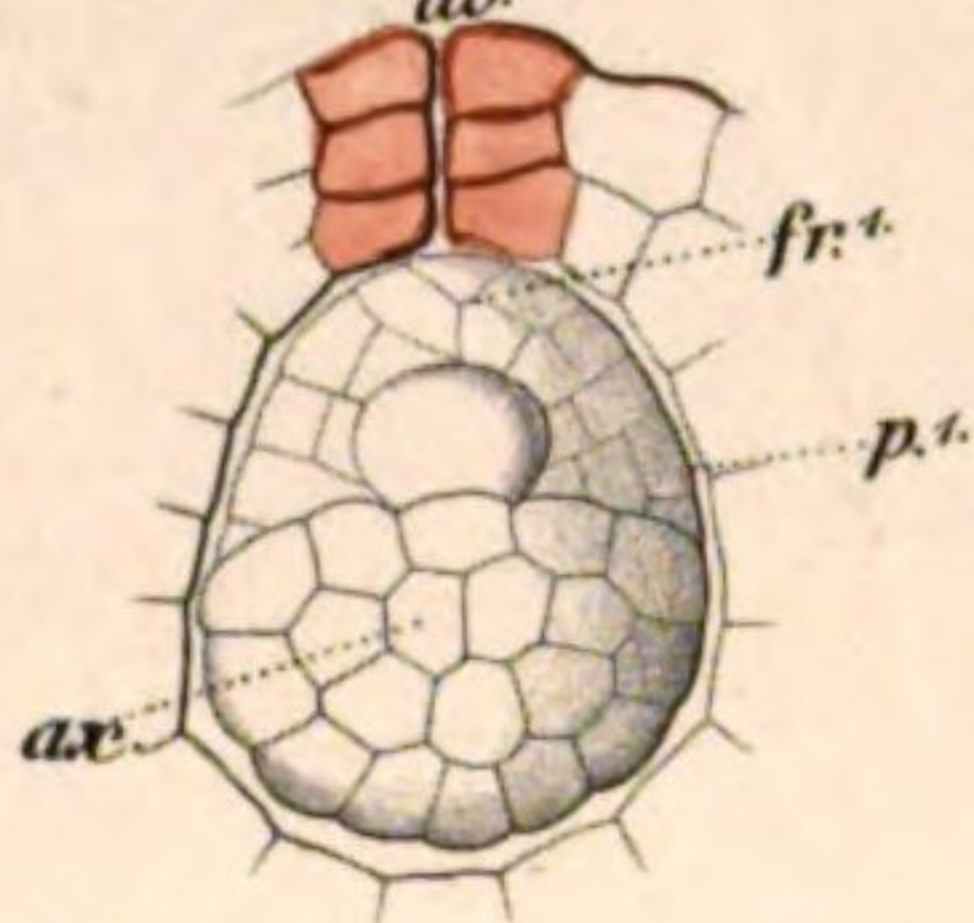


Fig. 10.

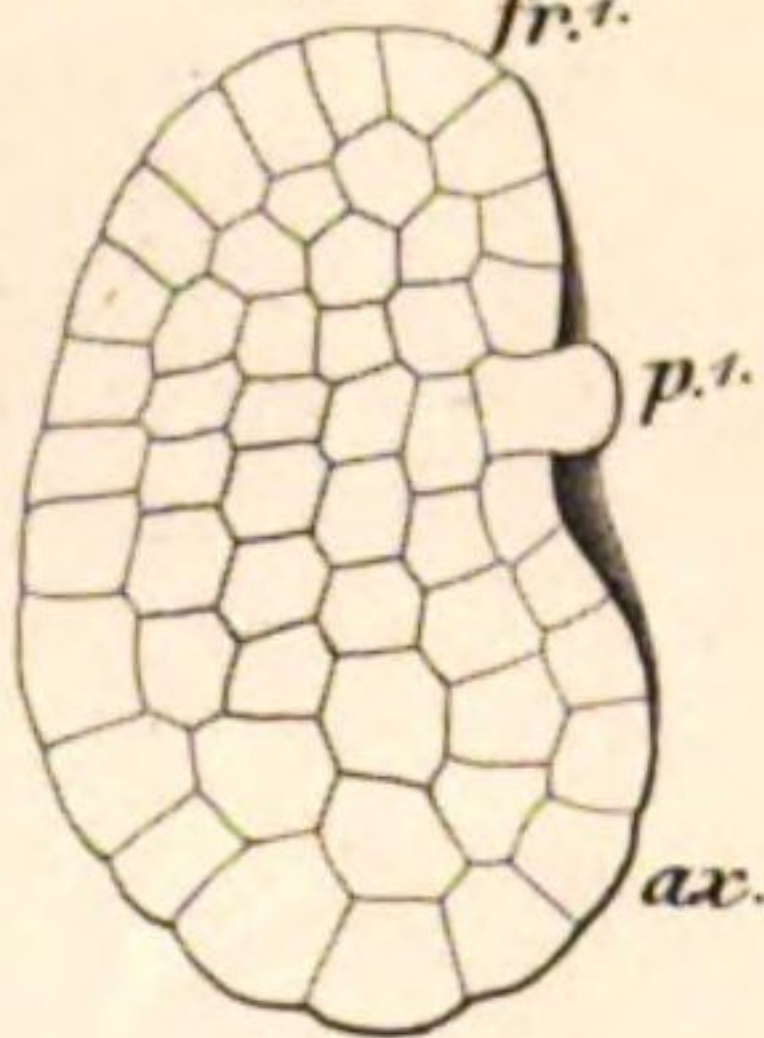


Fig. 12.

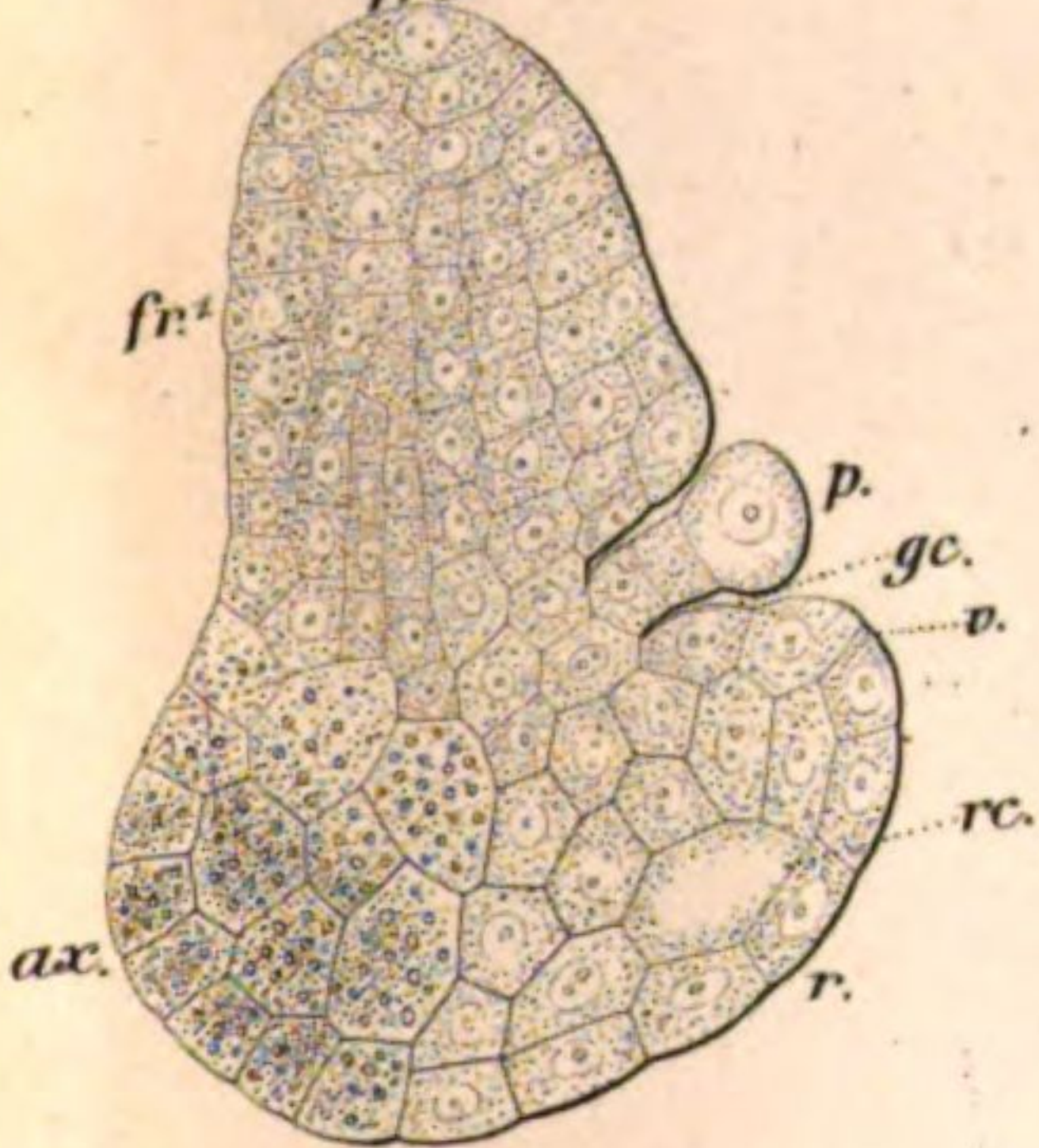


Fig. 13.

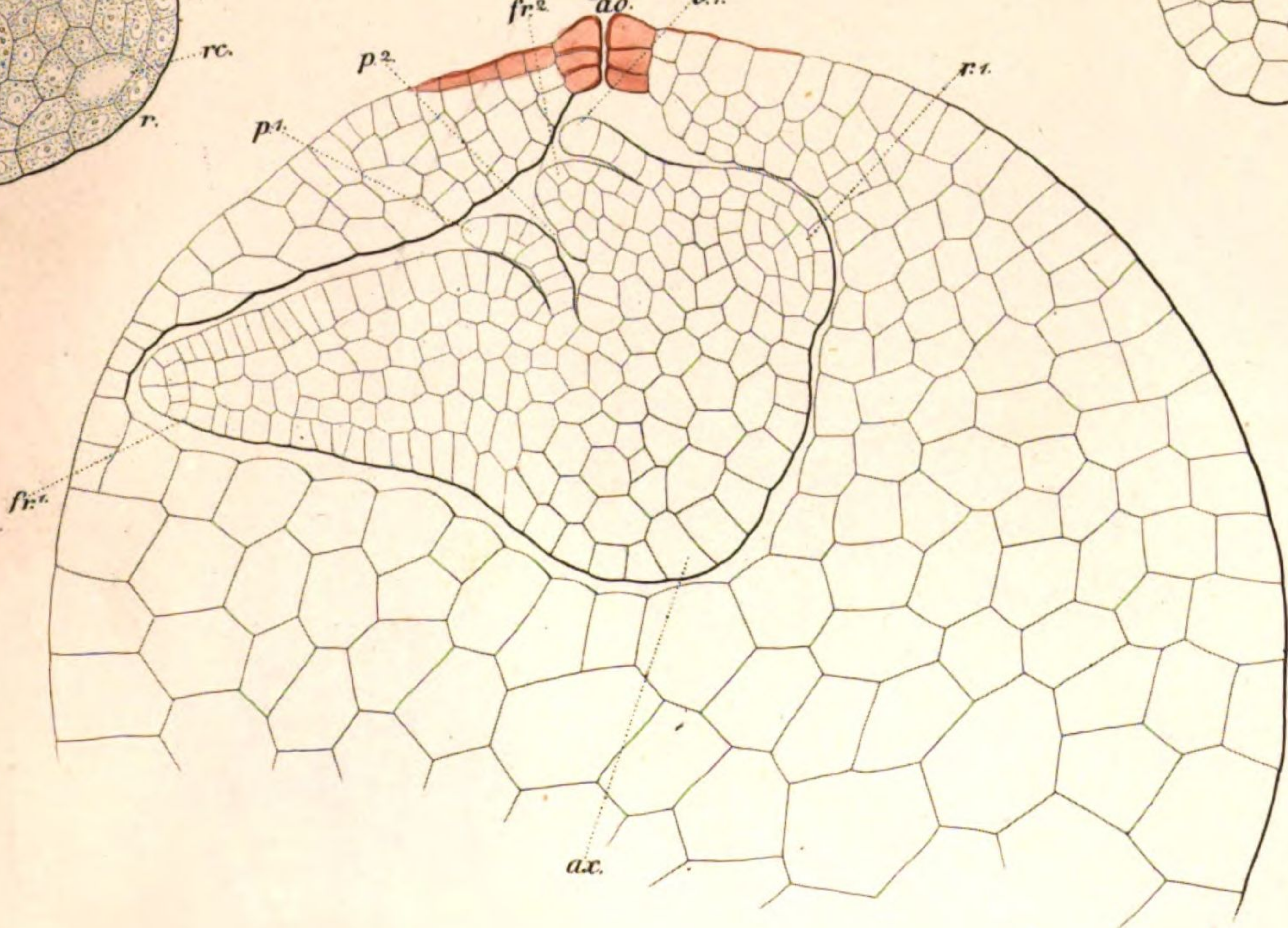


Fig. 1.

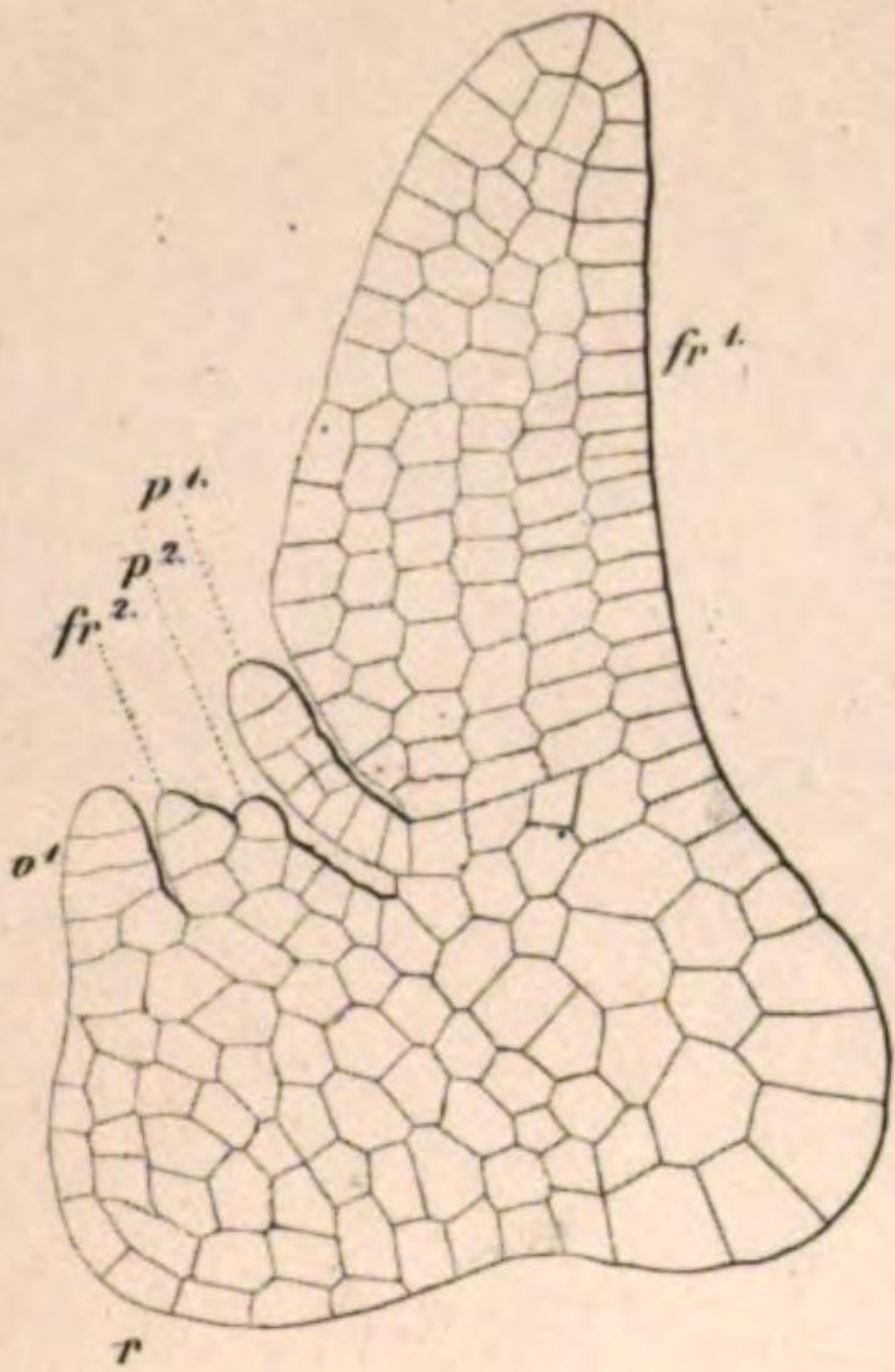


Fig. 2.

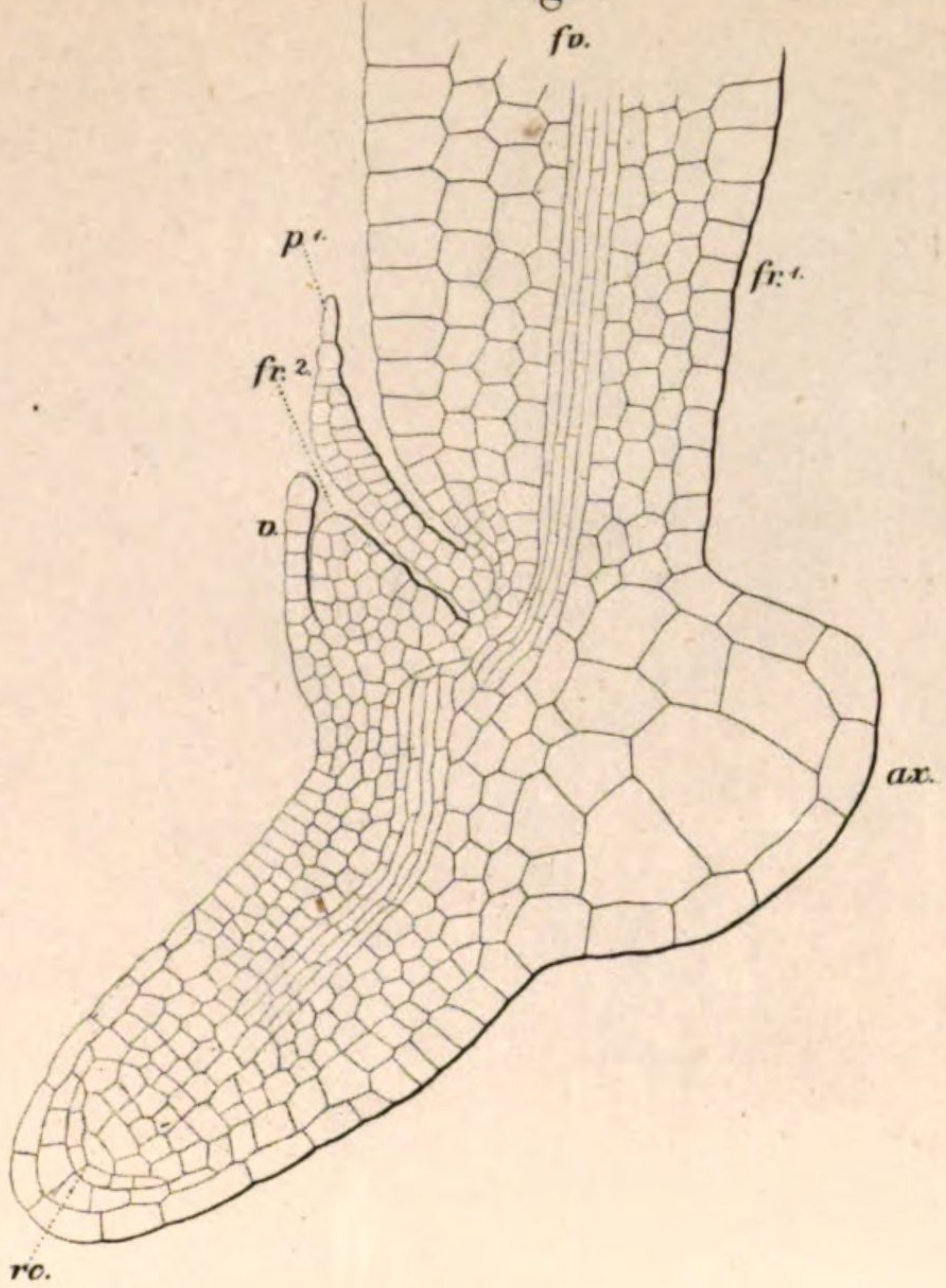


Fig. 4.

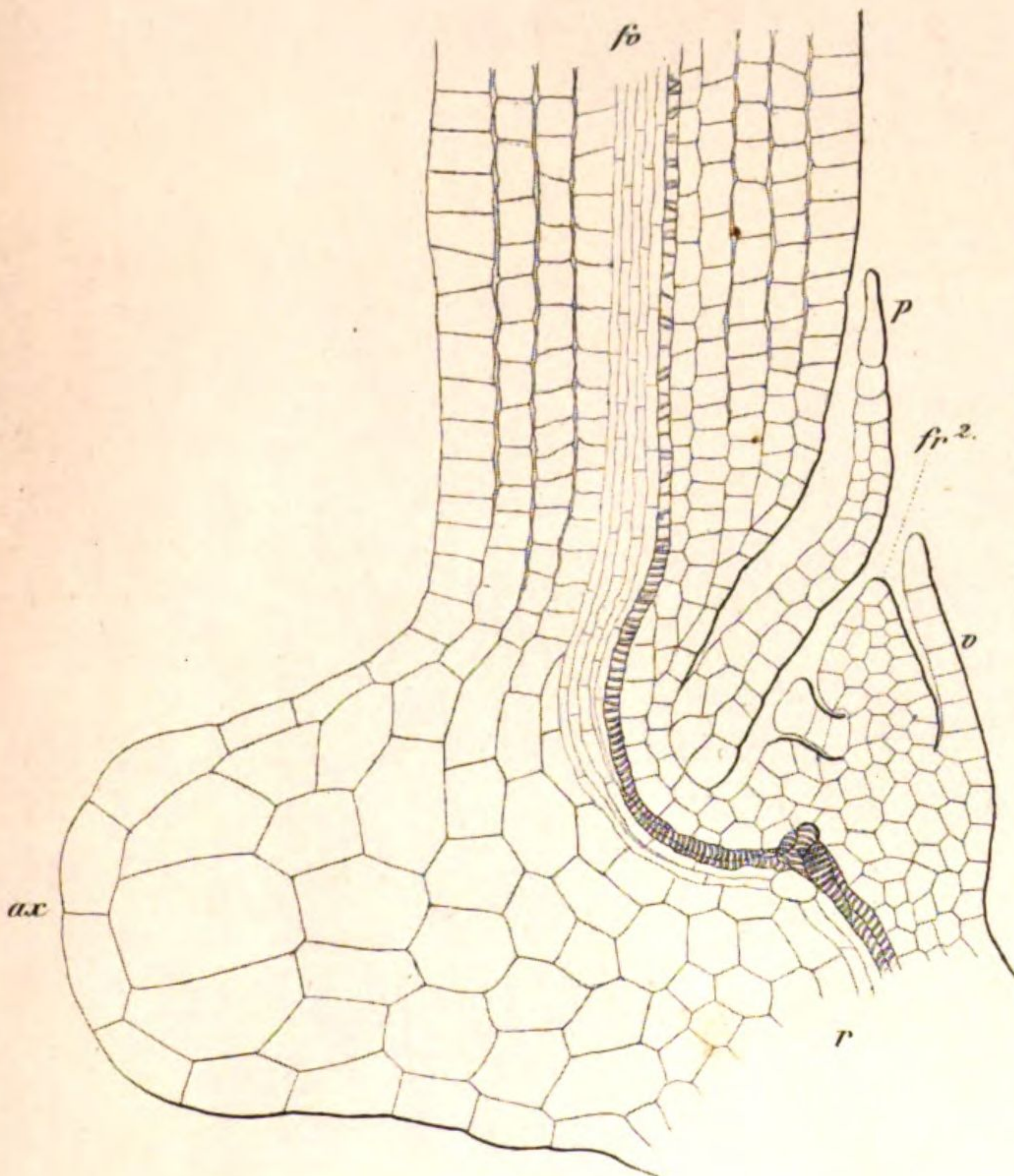
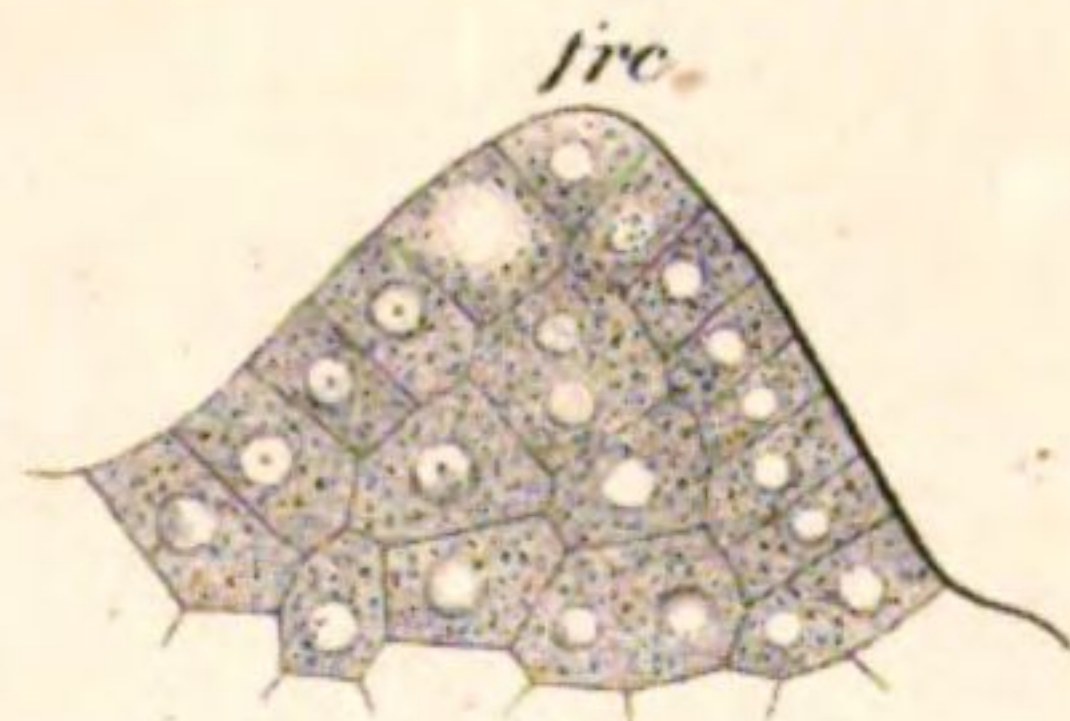


Fig. 3.



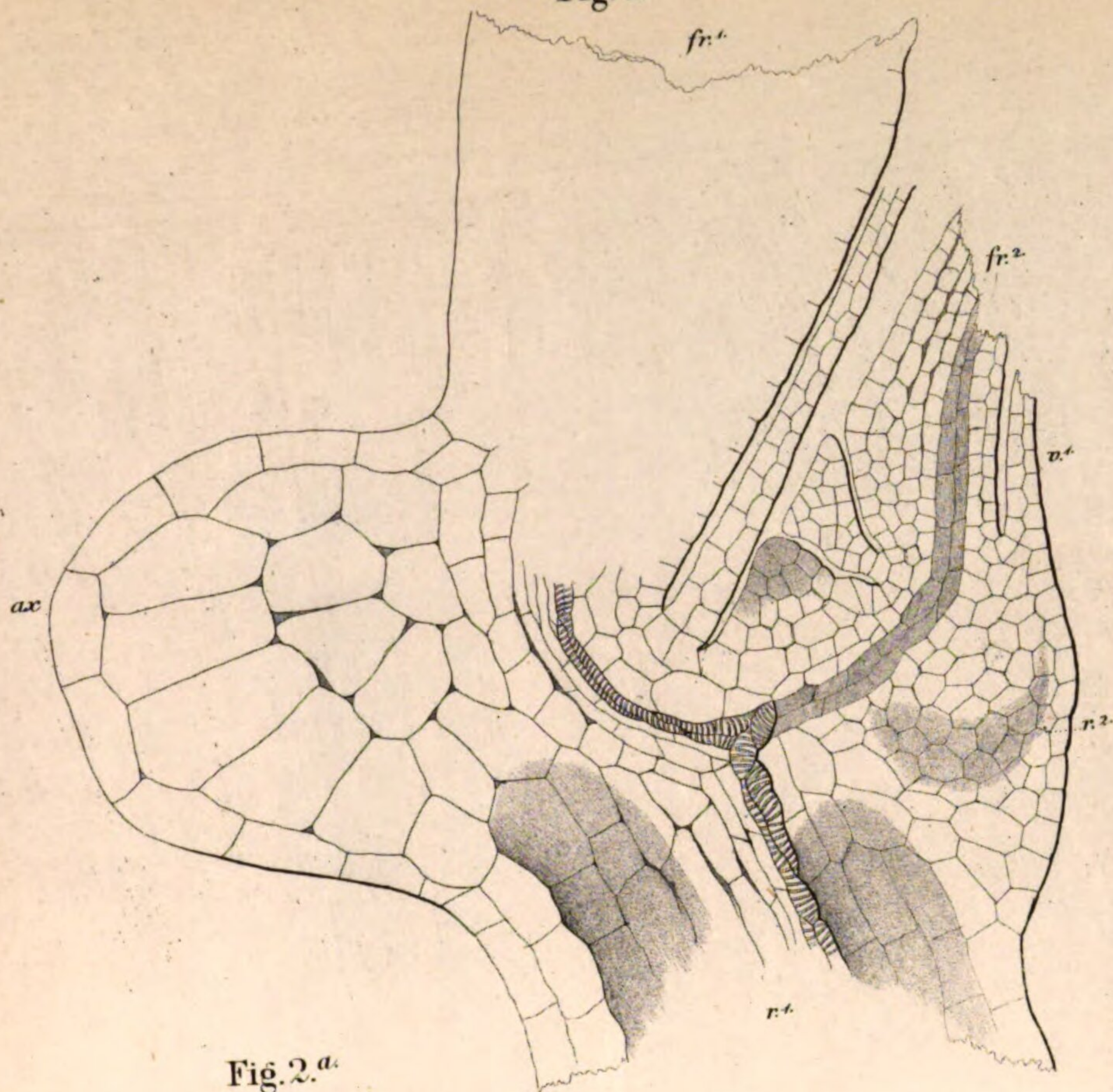


Fig. 2. ^a

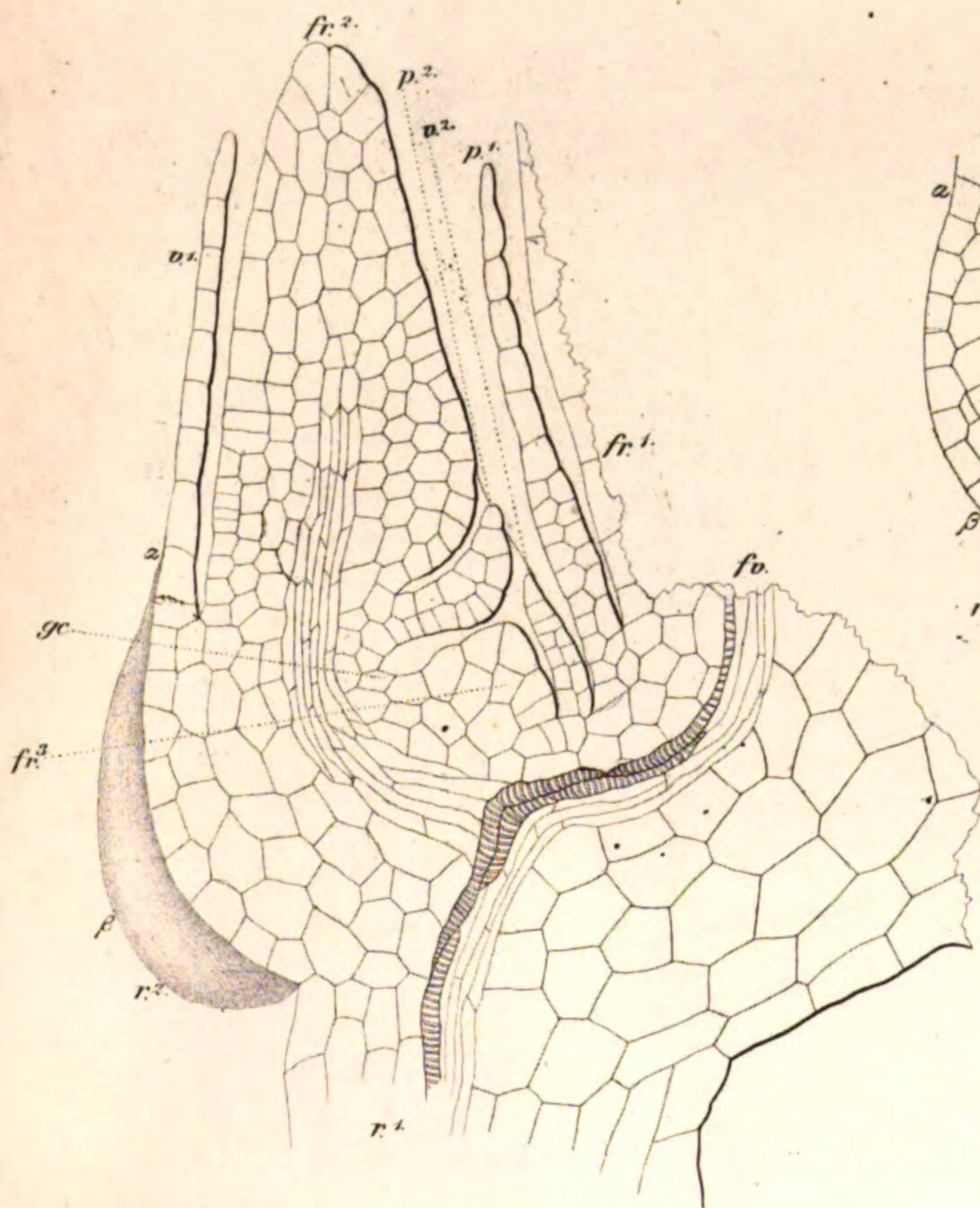
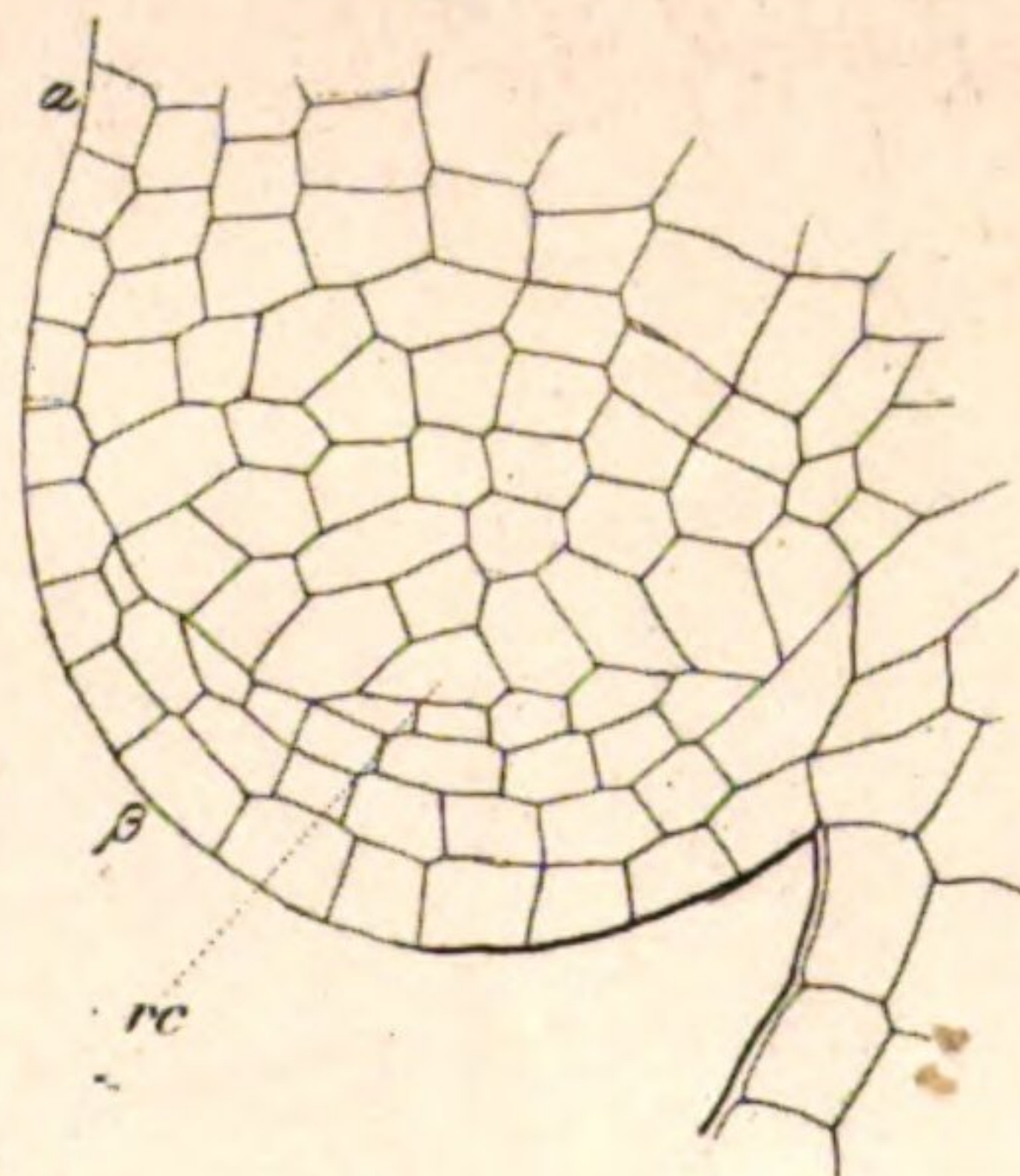


Fig. 2. ^b



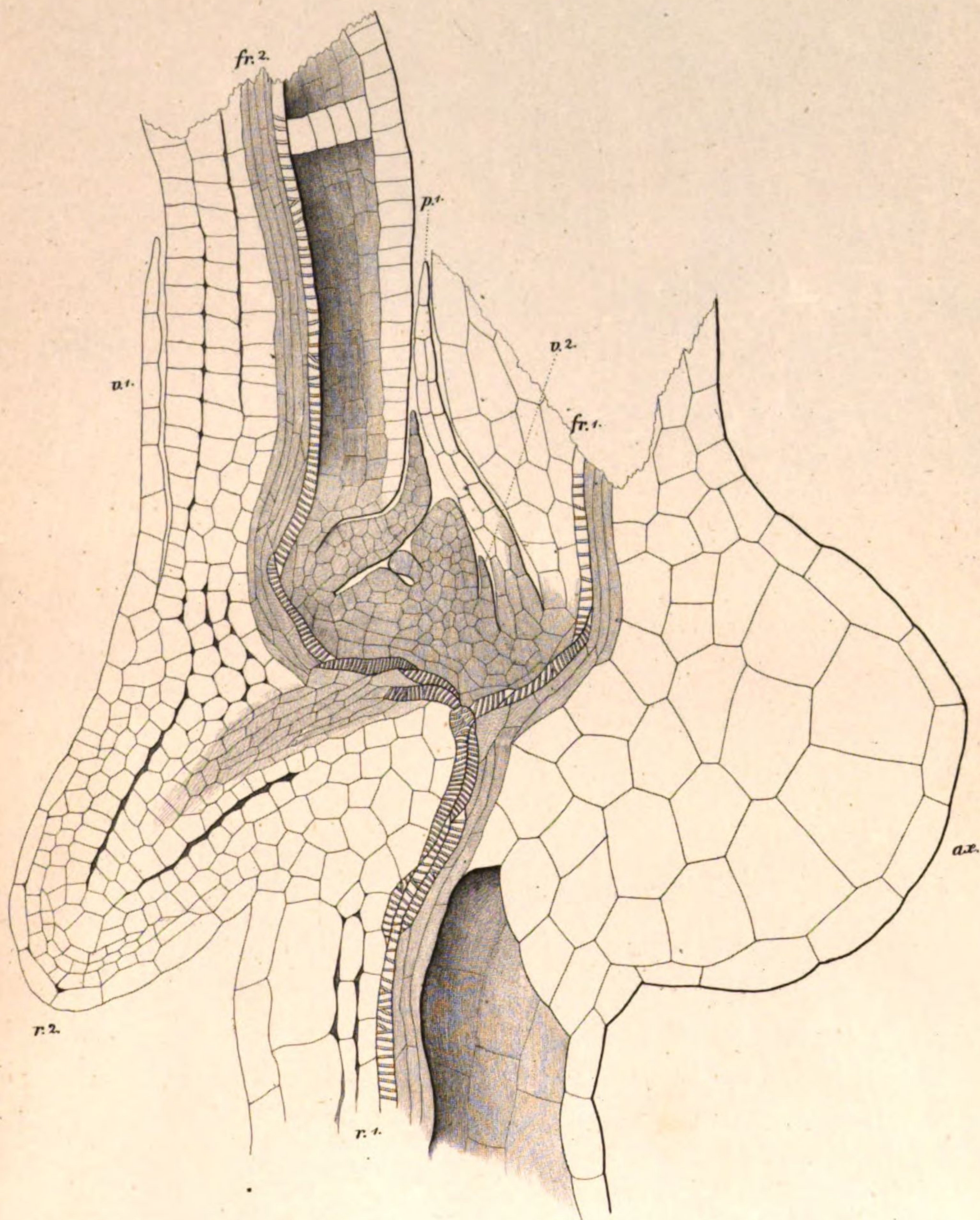


Fig. 2.

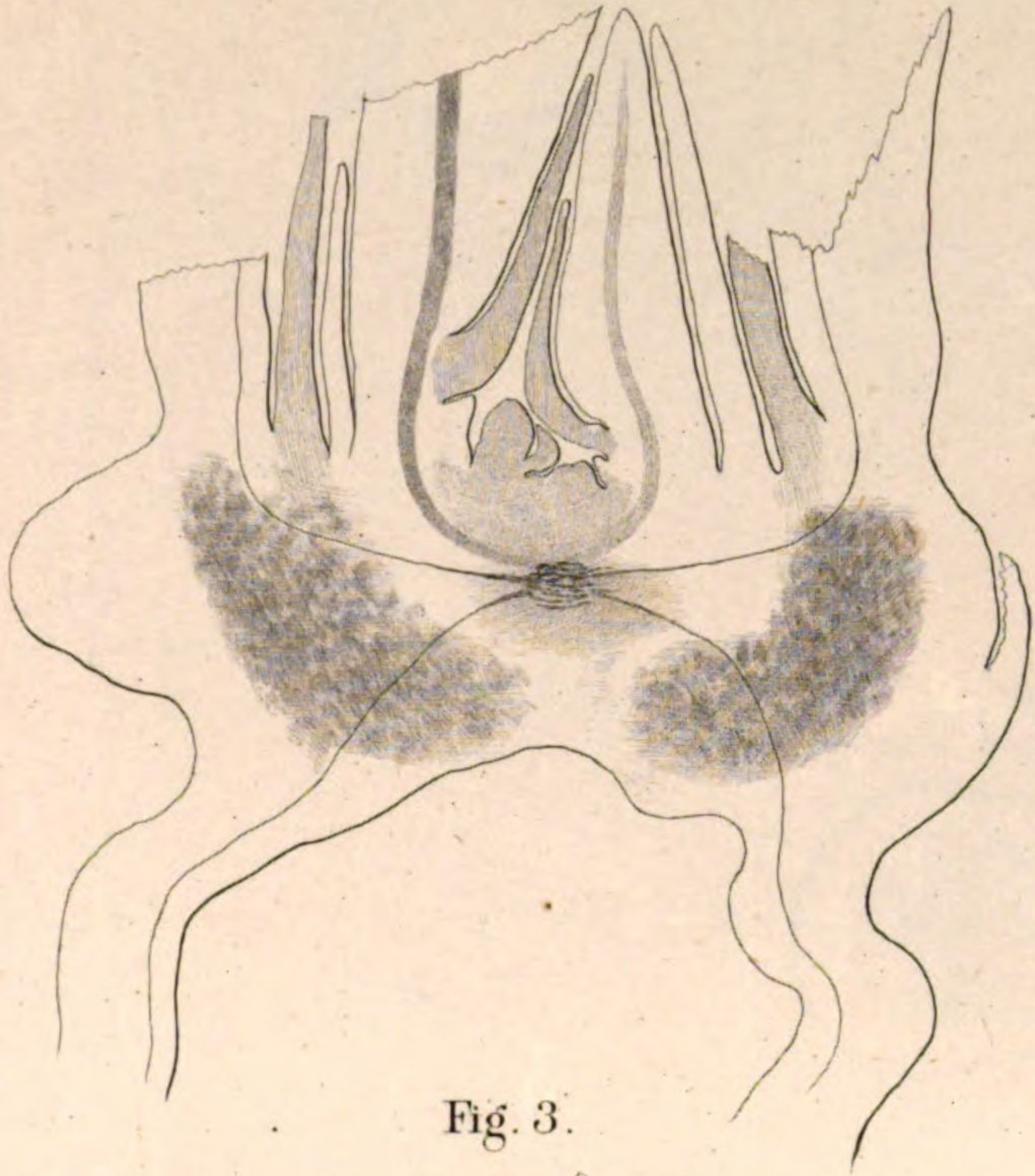


Fig. 1.

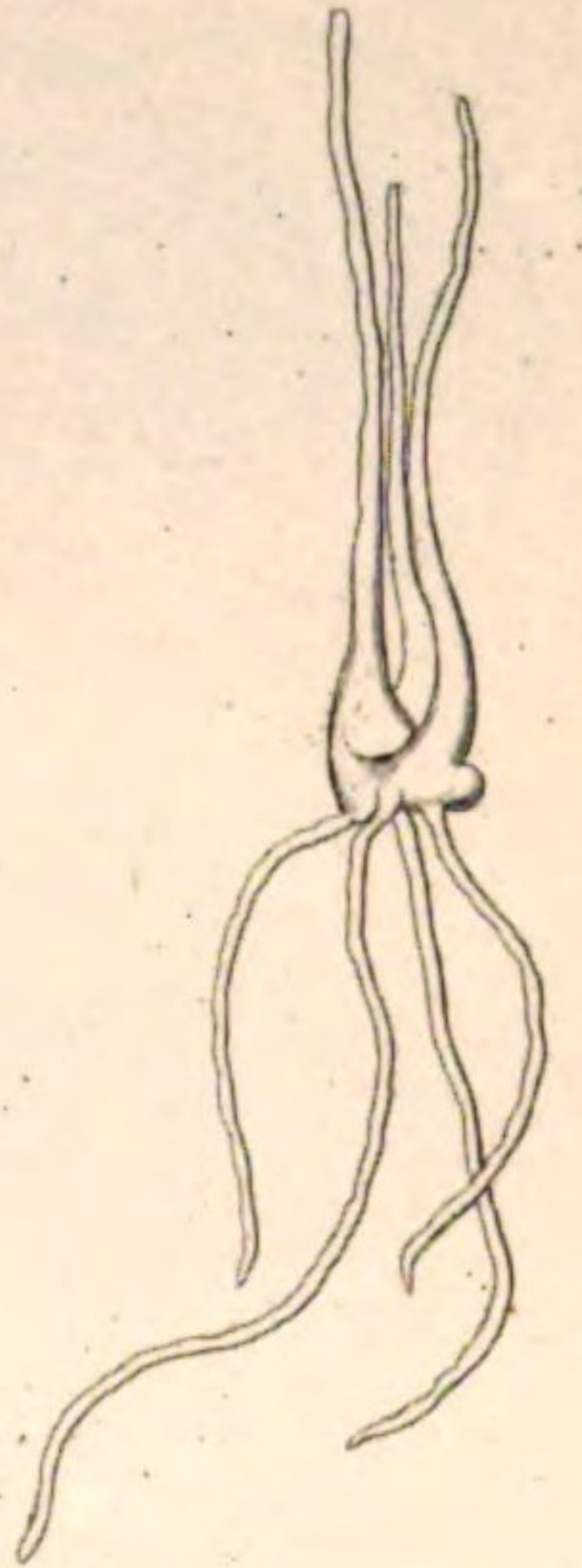


Fig. 3.

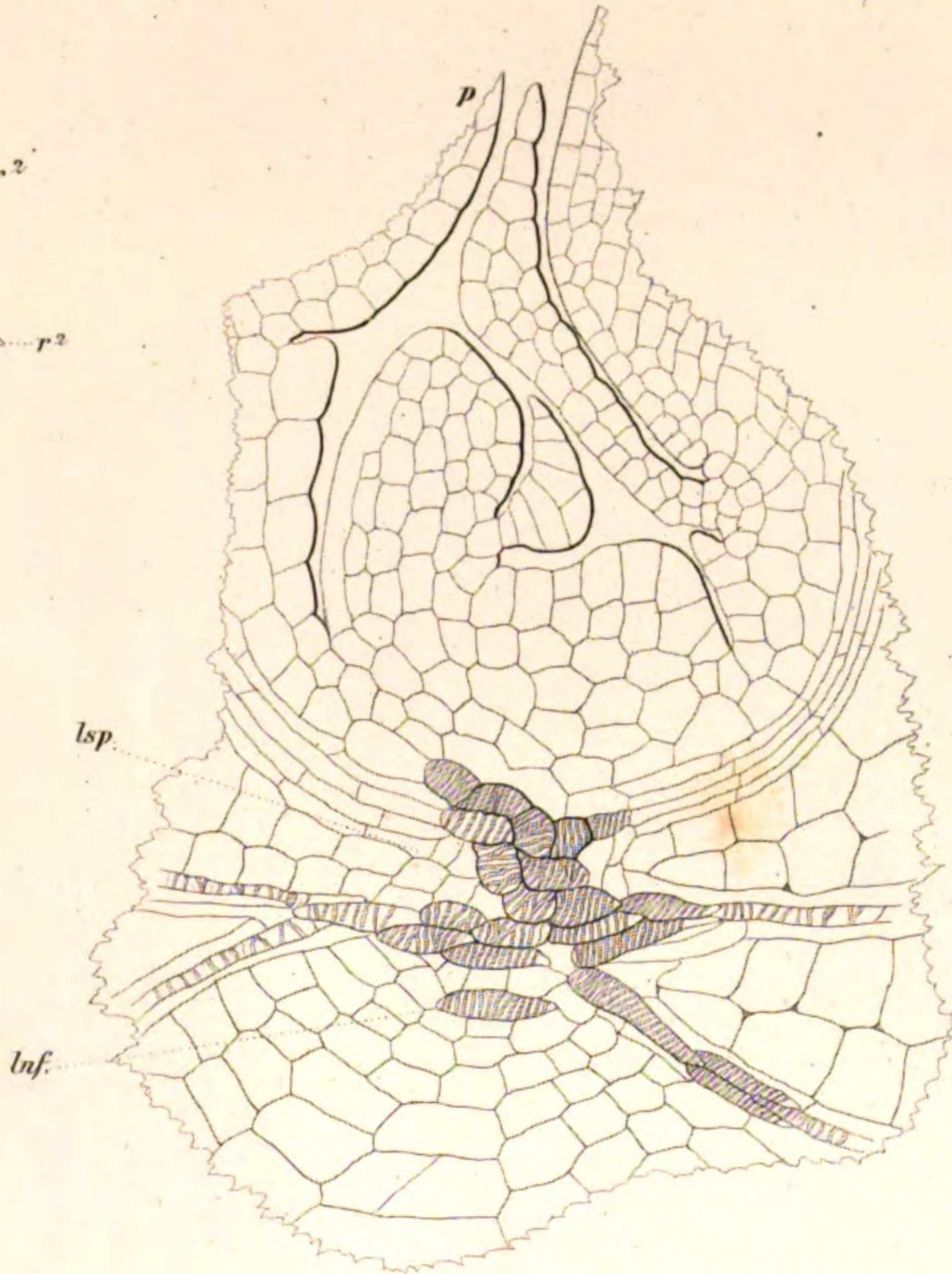


Fig. 4.

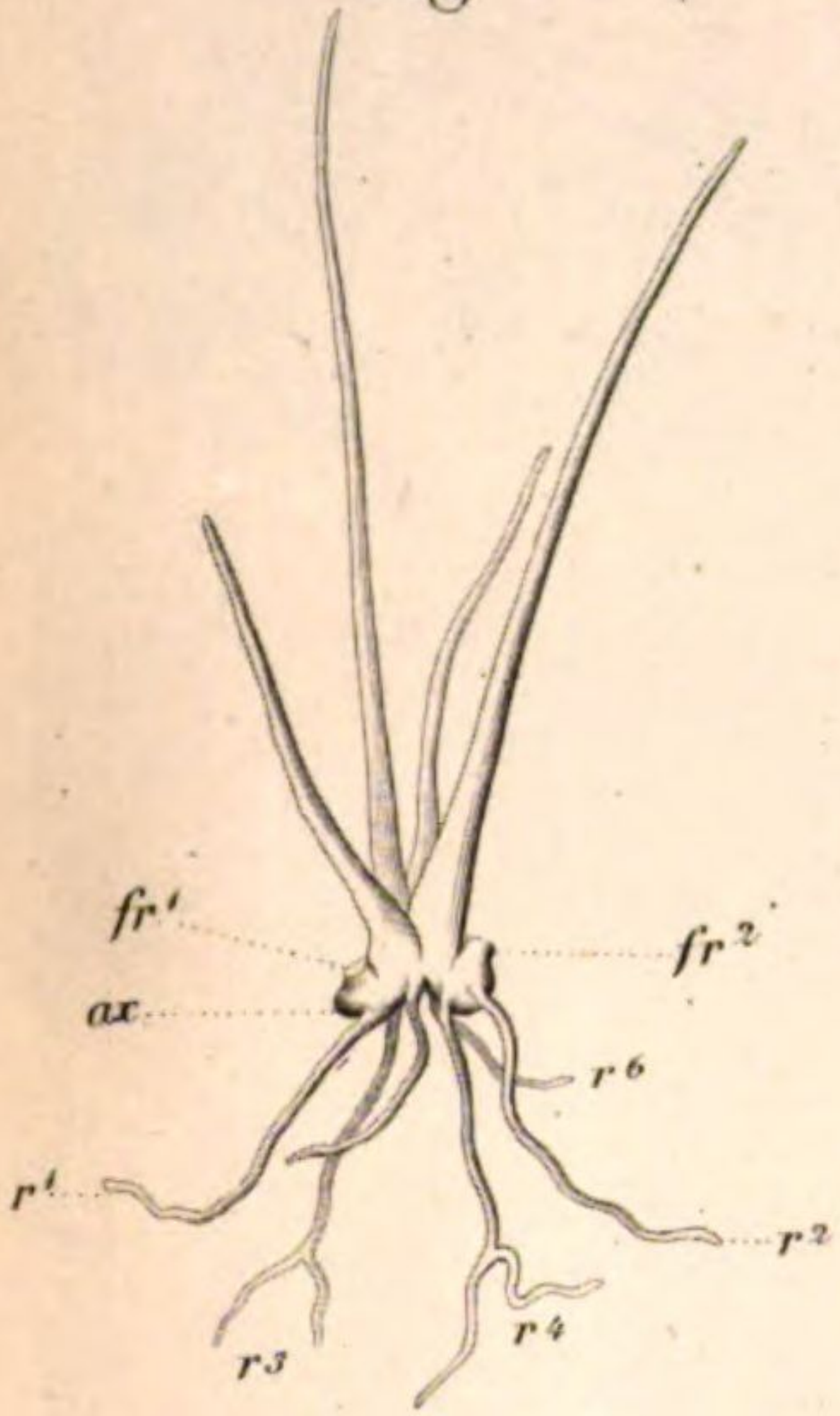


Fig. 1.

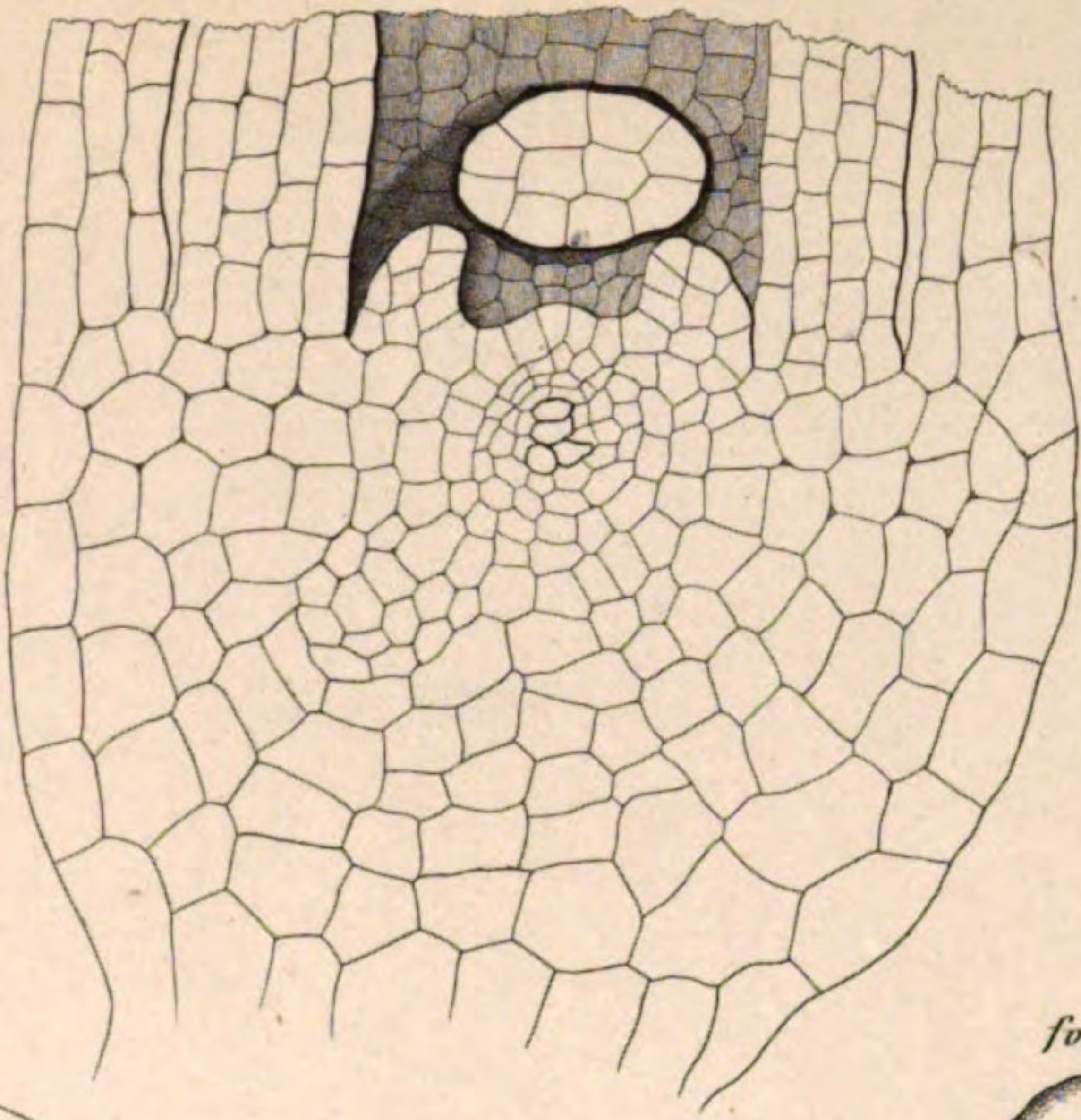


Fig. 3. a.

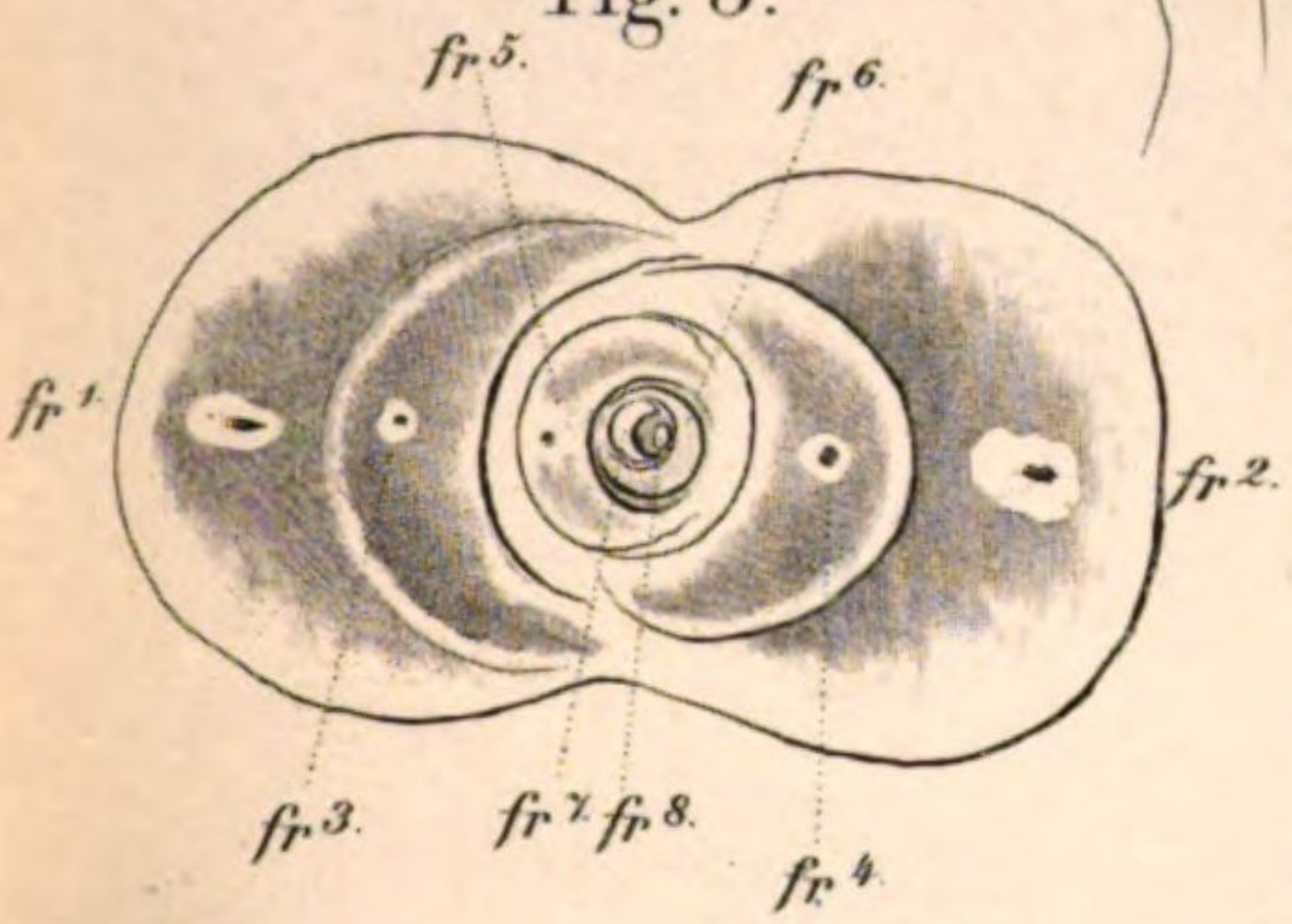


Fig. 3. b.

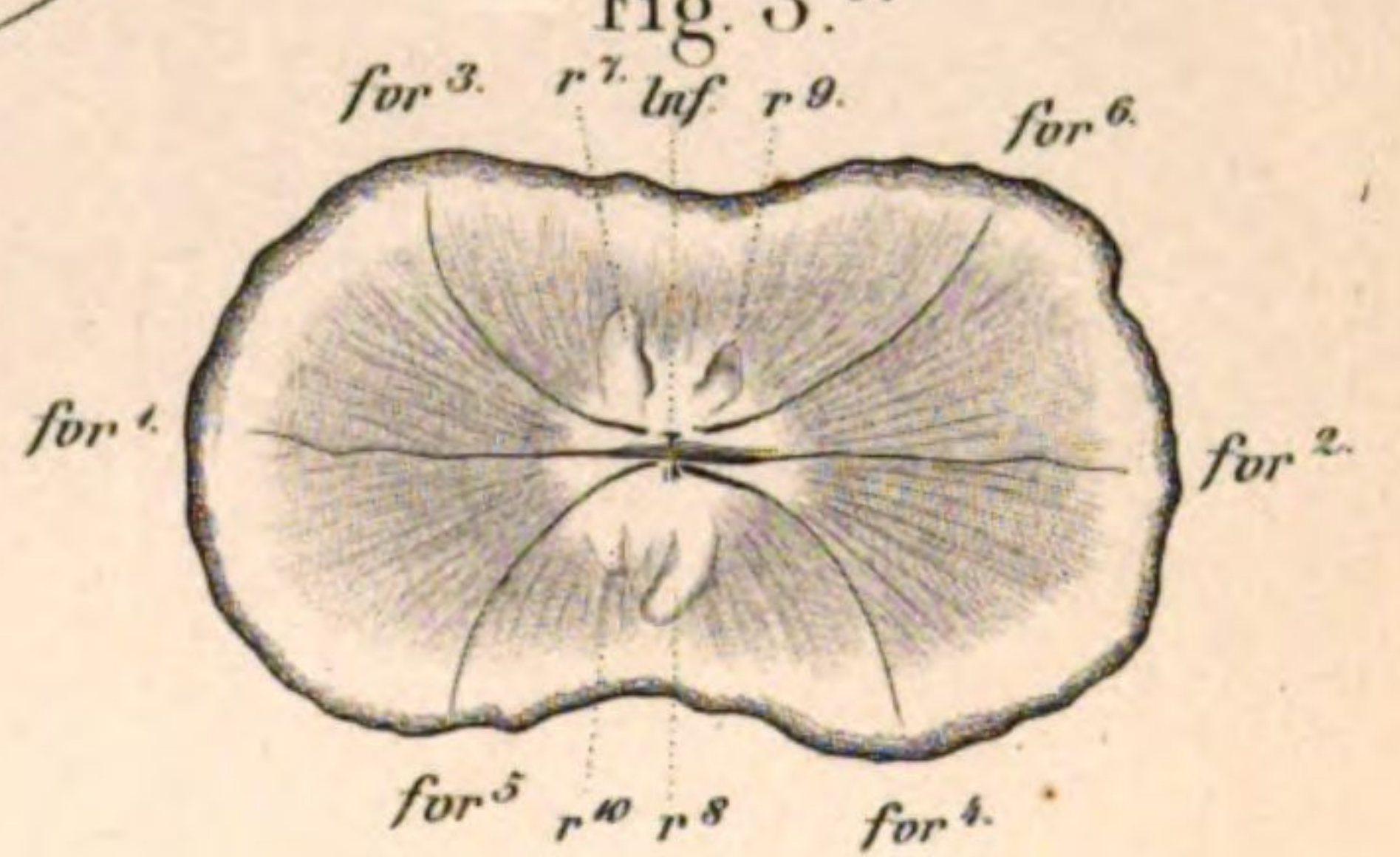


Fig. 2.

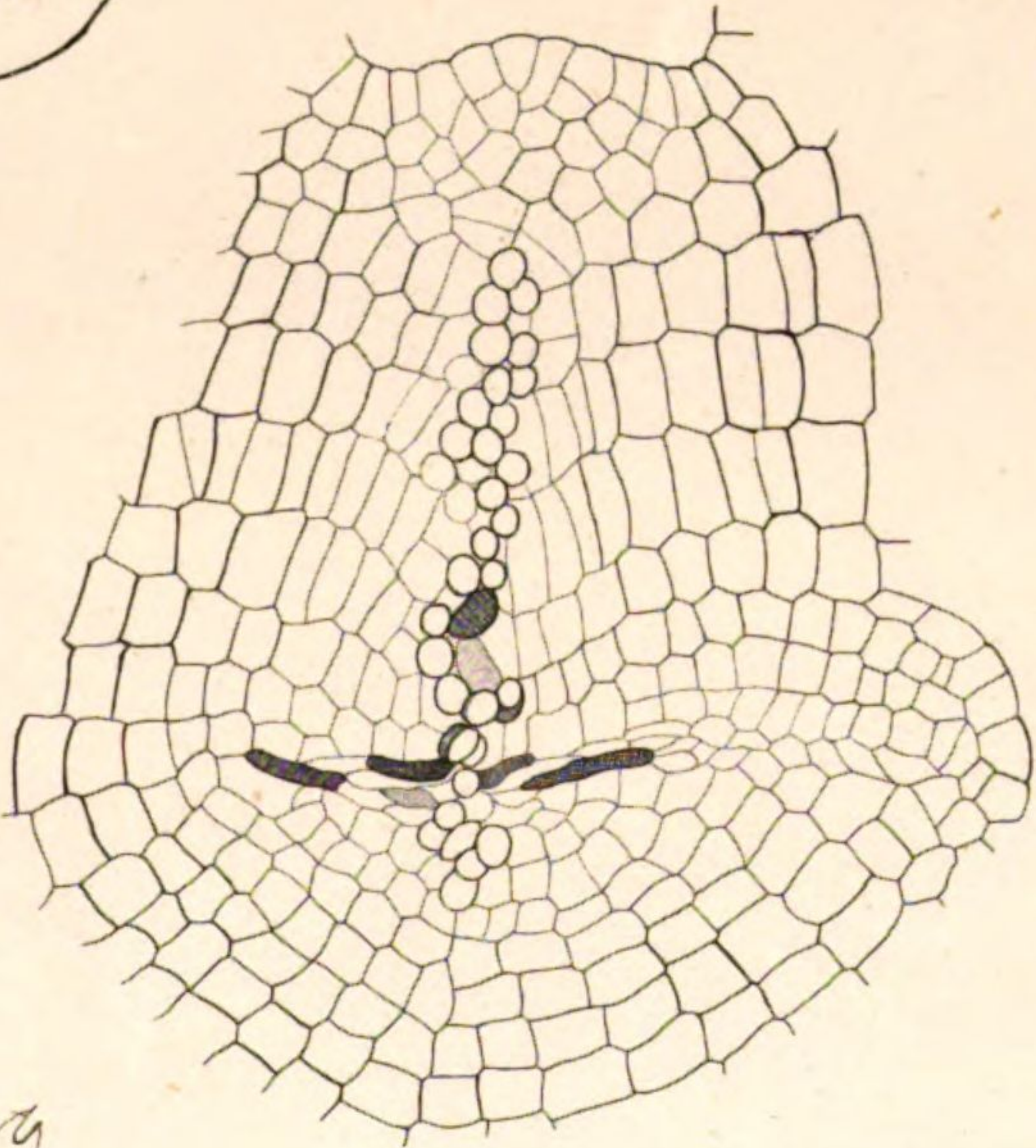


Fig. 6.

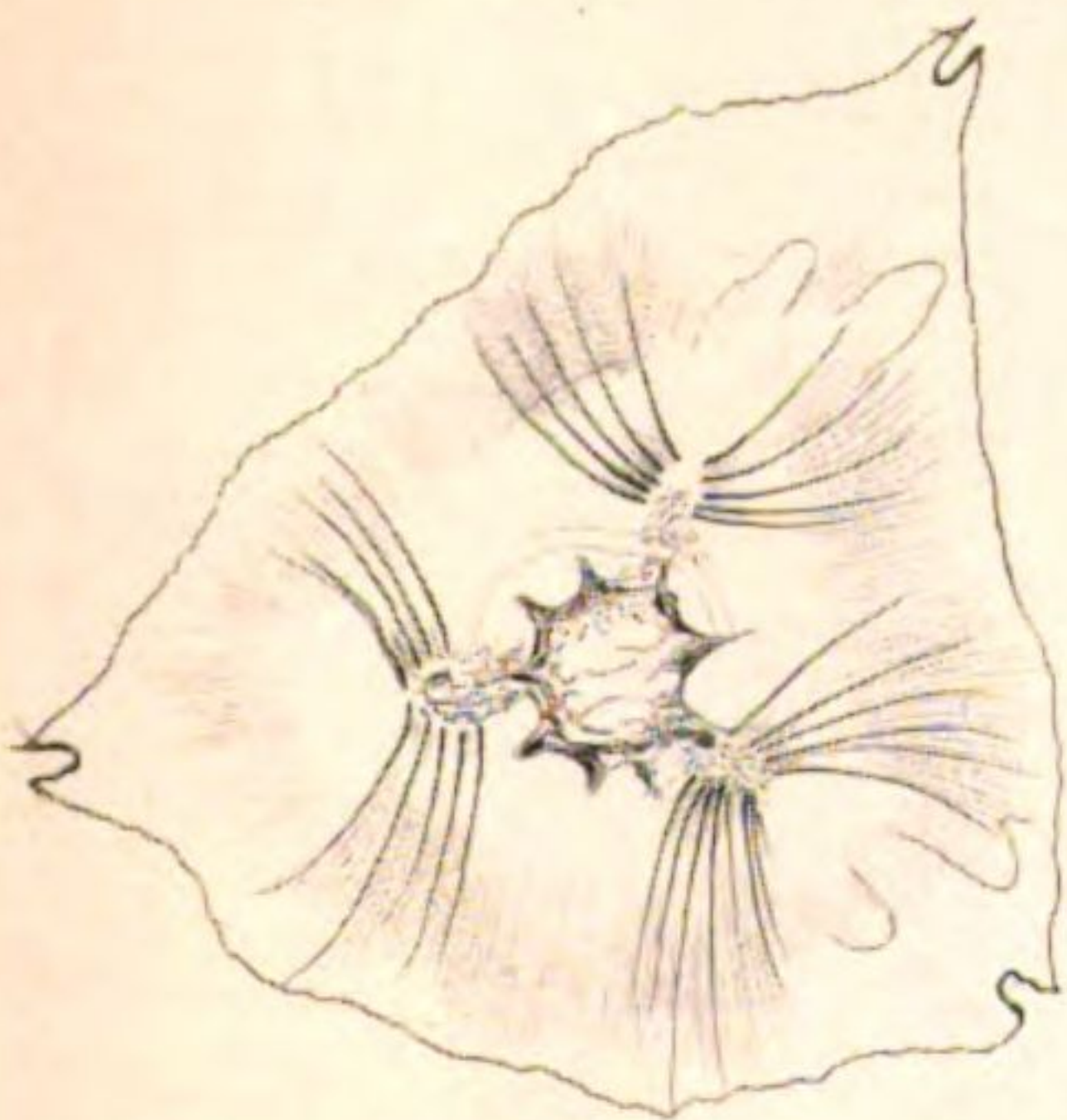


Fig. 7.

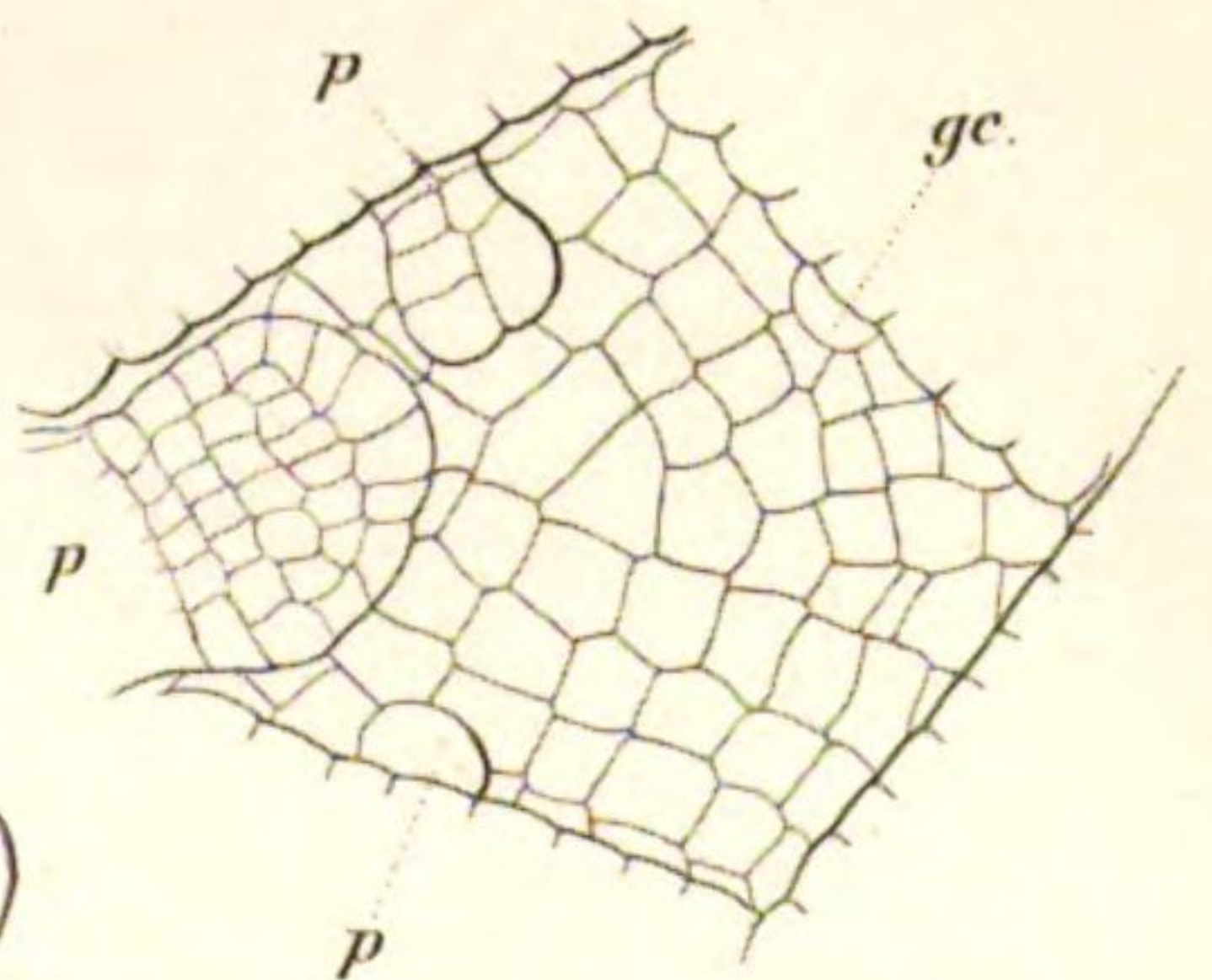


Fig. 5.



Fig. 4.



Fig. 1. ^a.

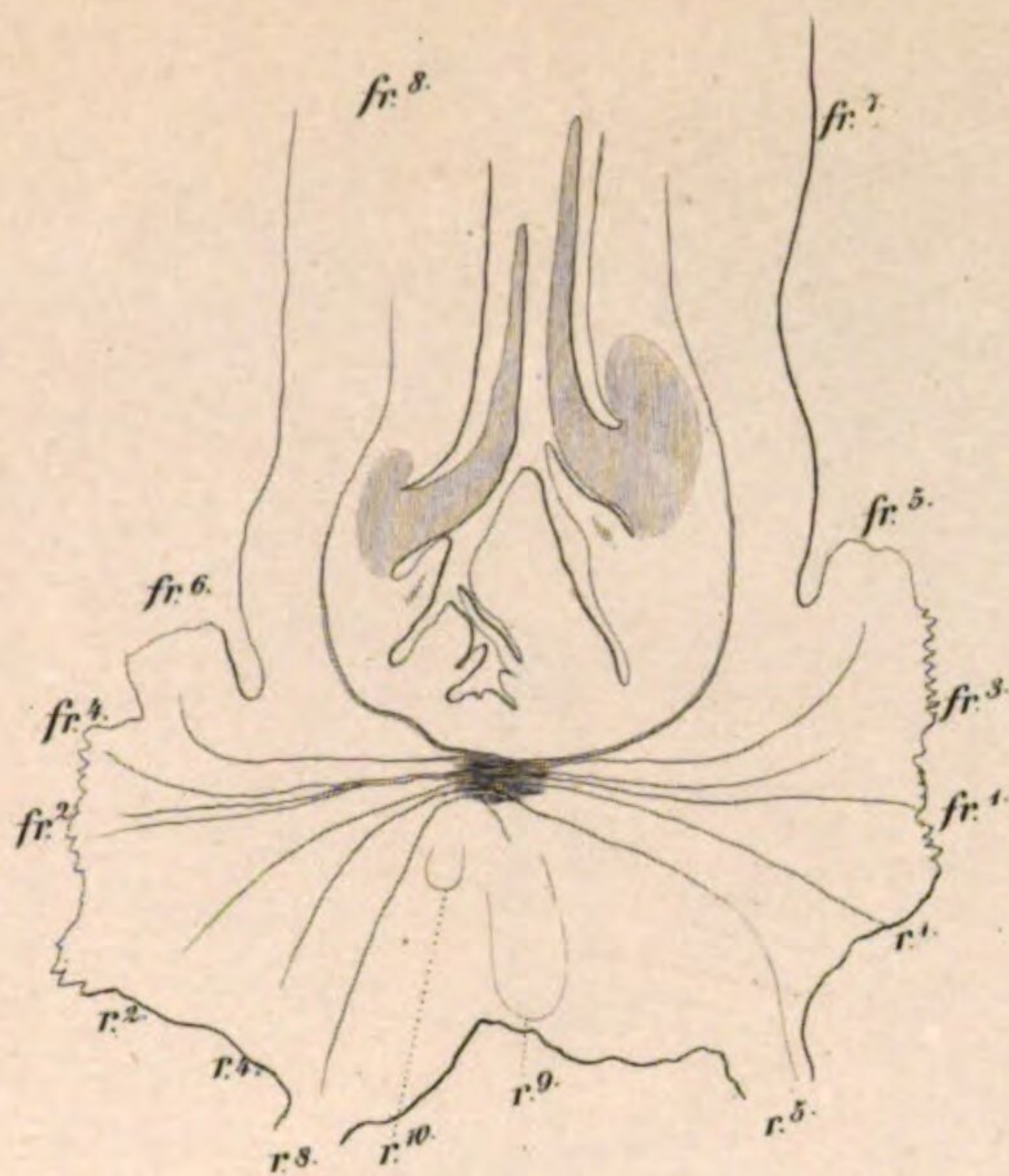


Fig. 1. ^b.

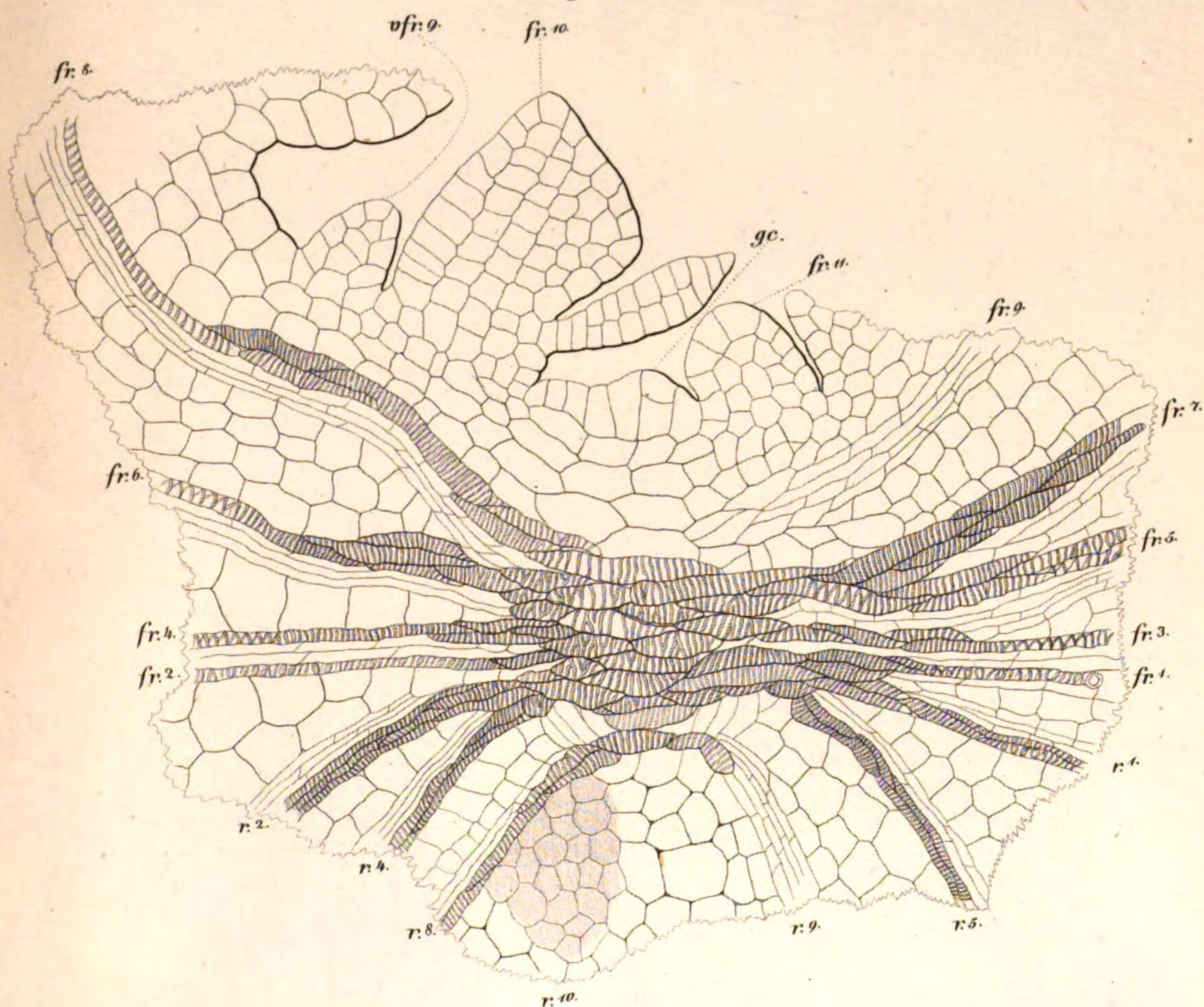


Fig. 1.

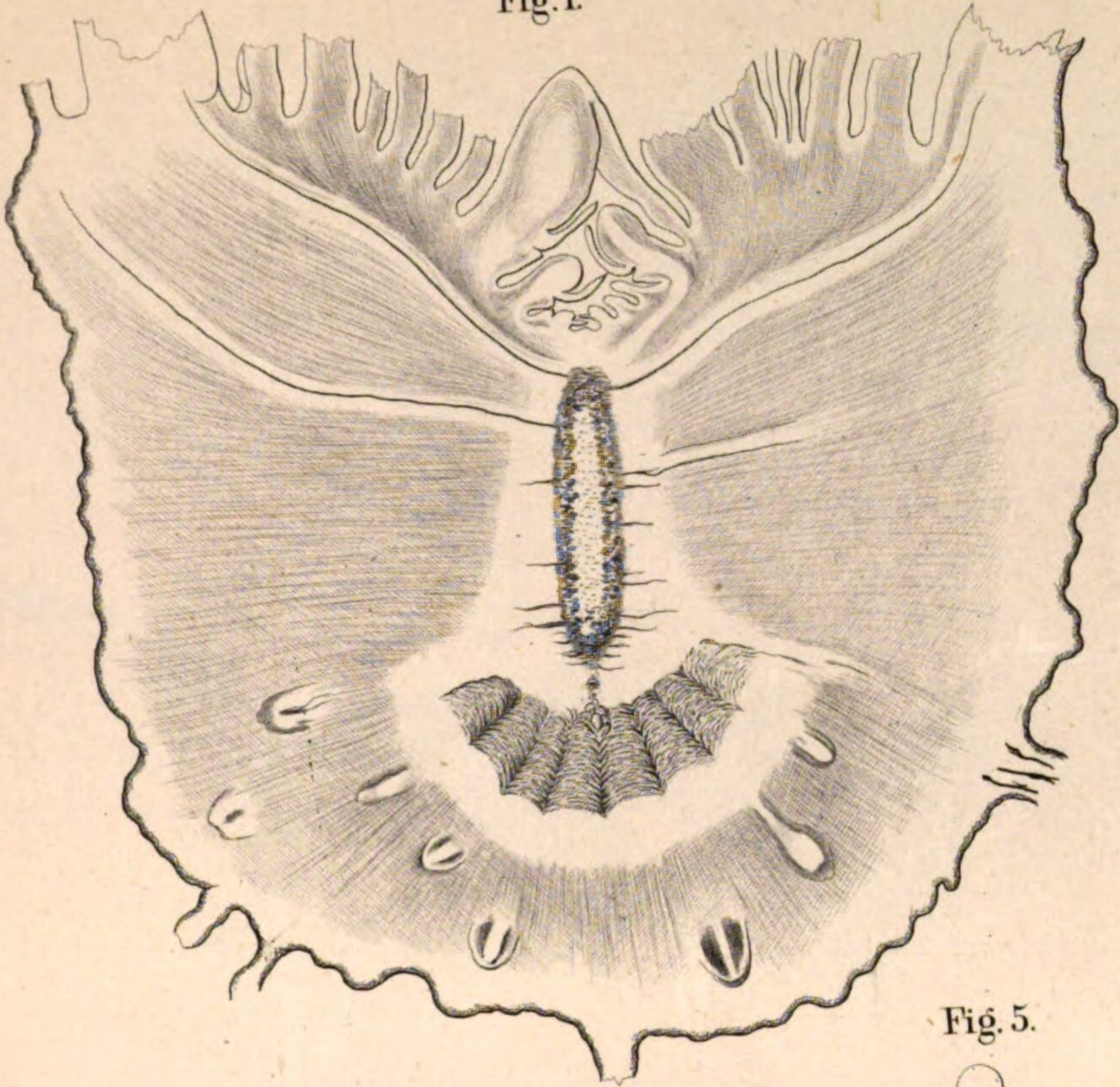


Fig. 2.

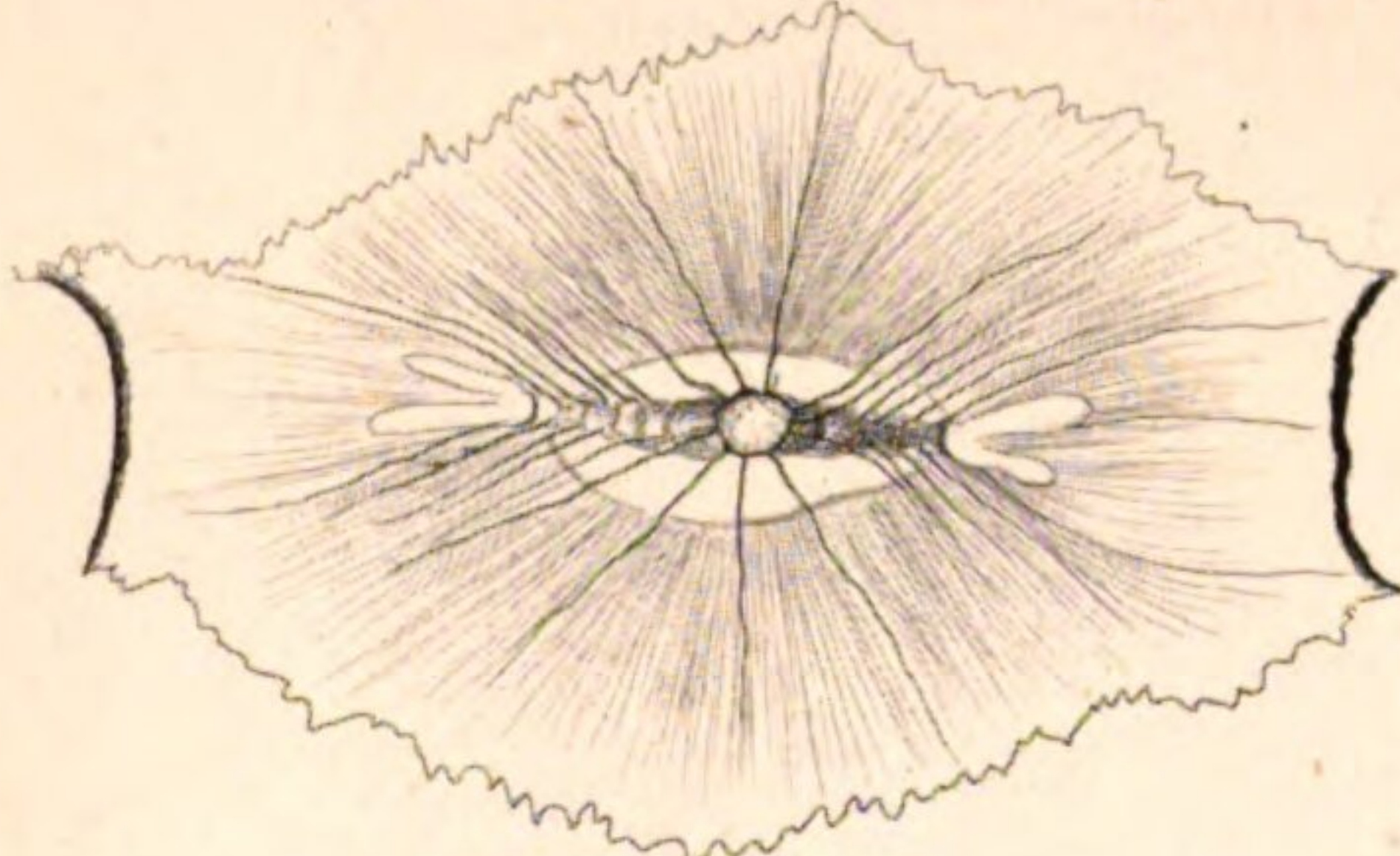


Fig. 3.

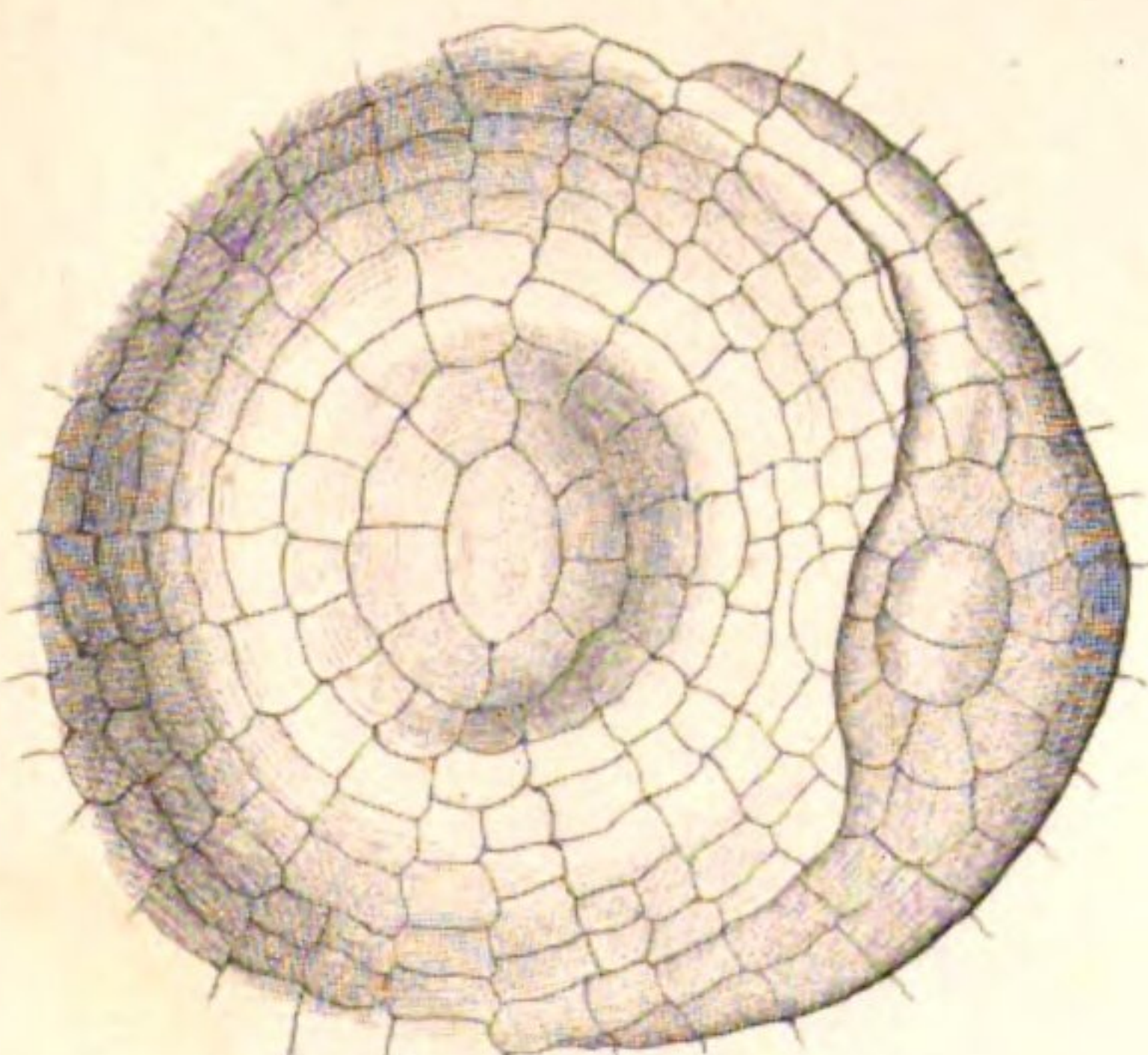


Fig. 5.



Fig. 6.

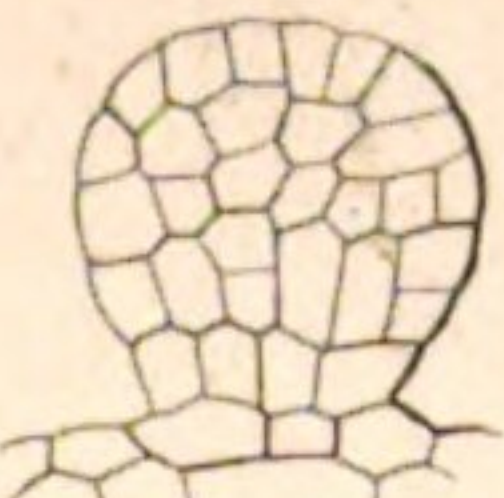


Fig. 7.



Fig. 4.

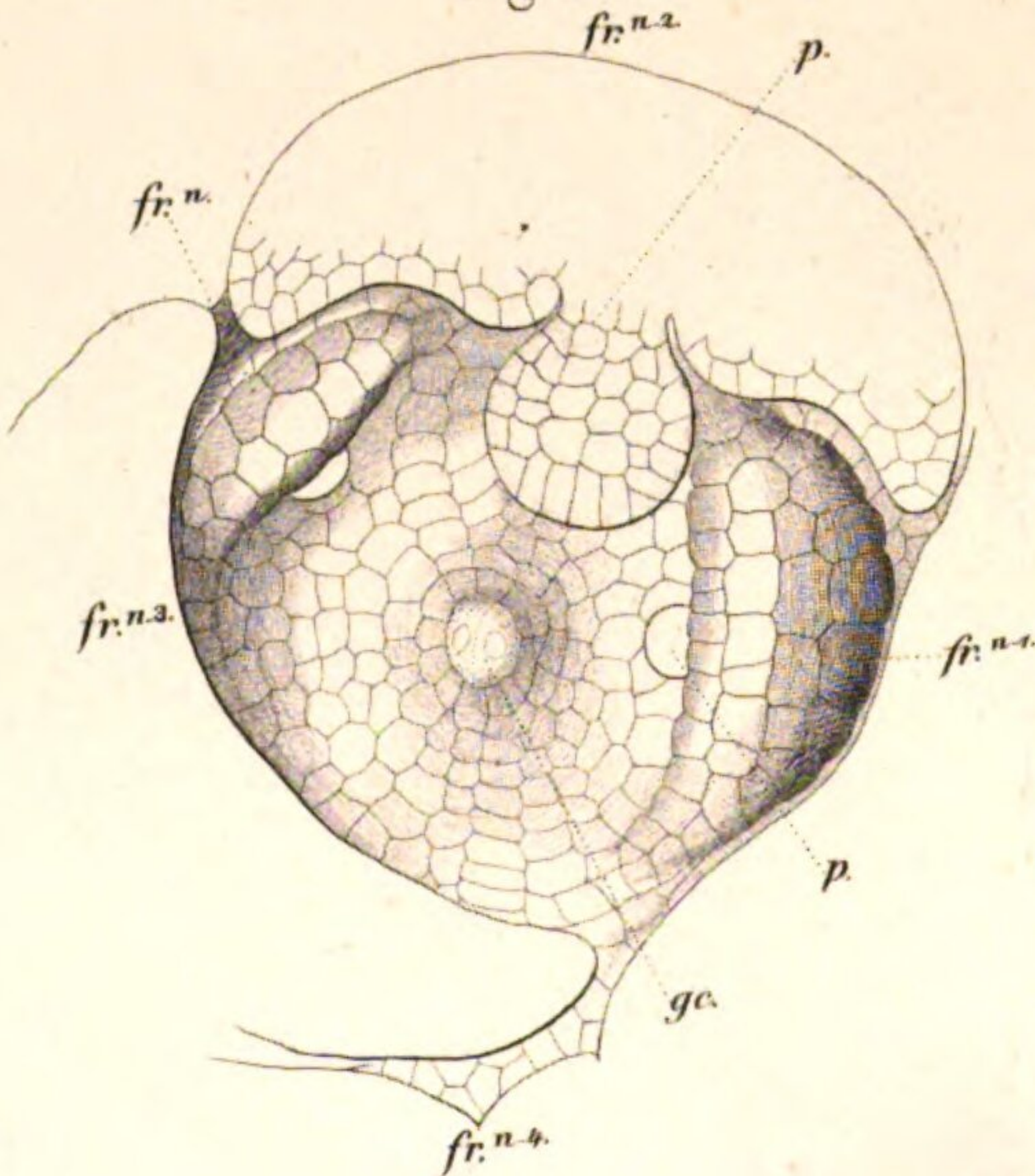


Fig. 1.

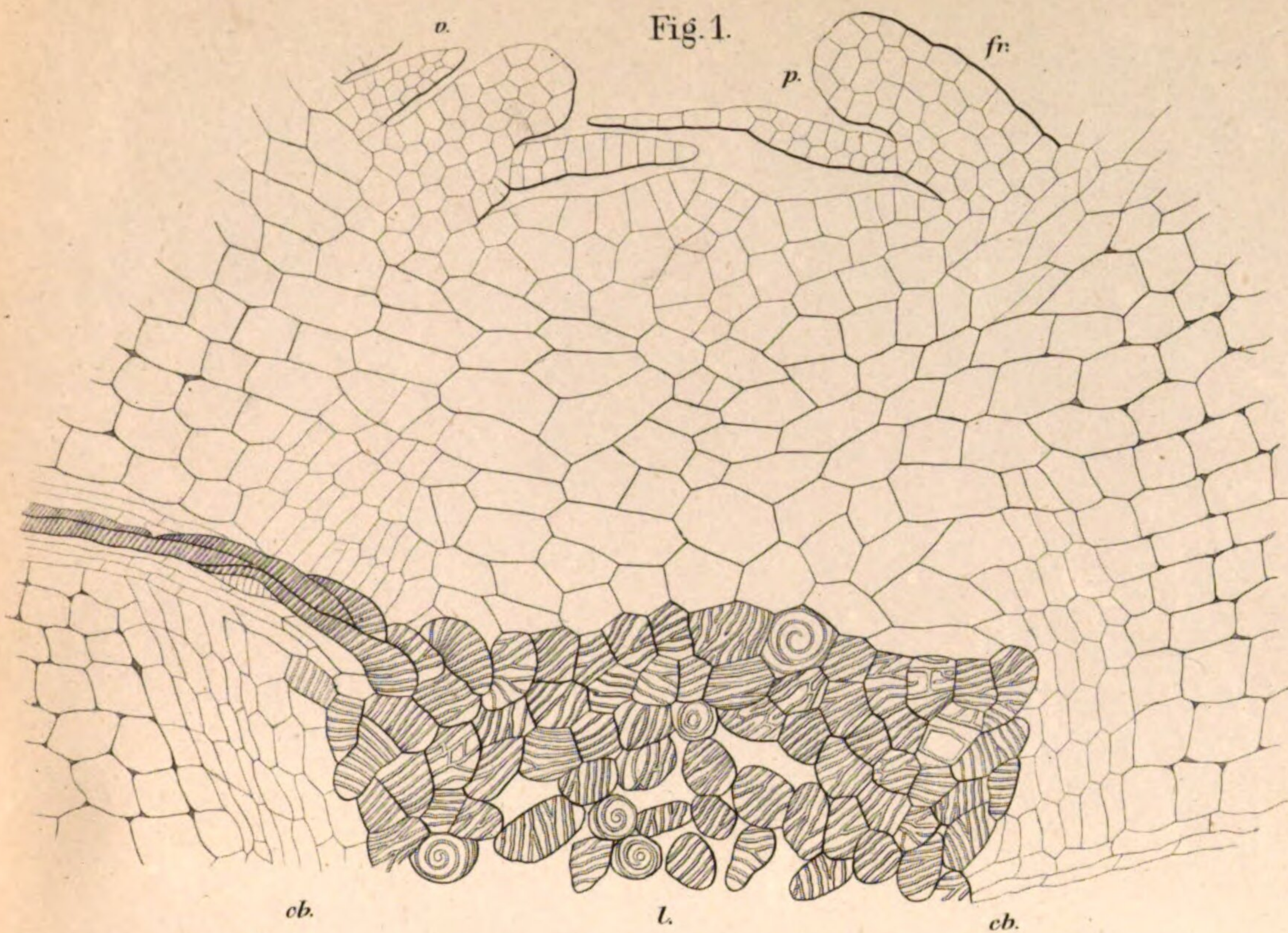


Fig. 2.

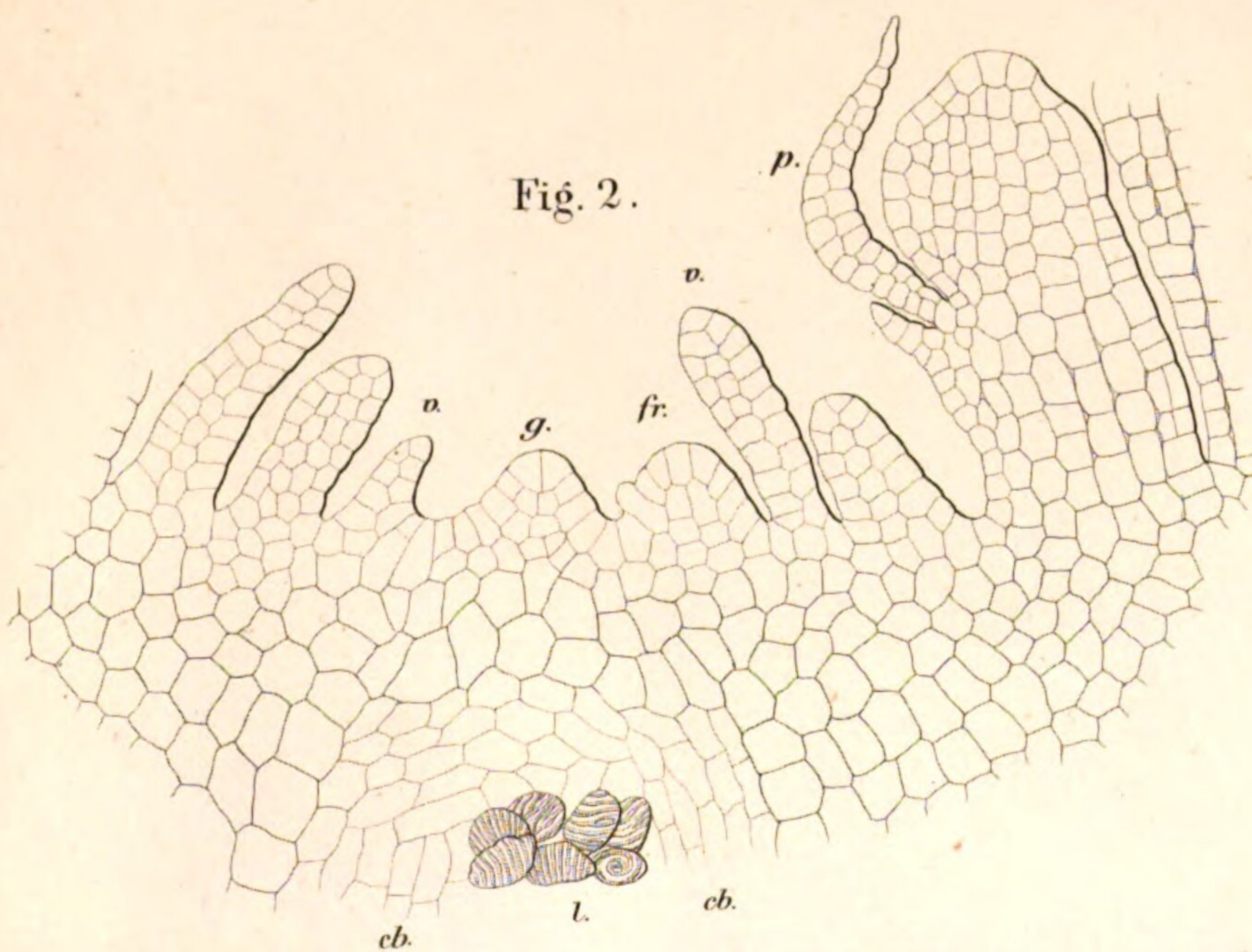


Fig. 4.

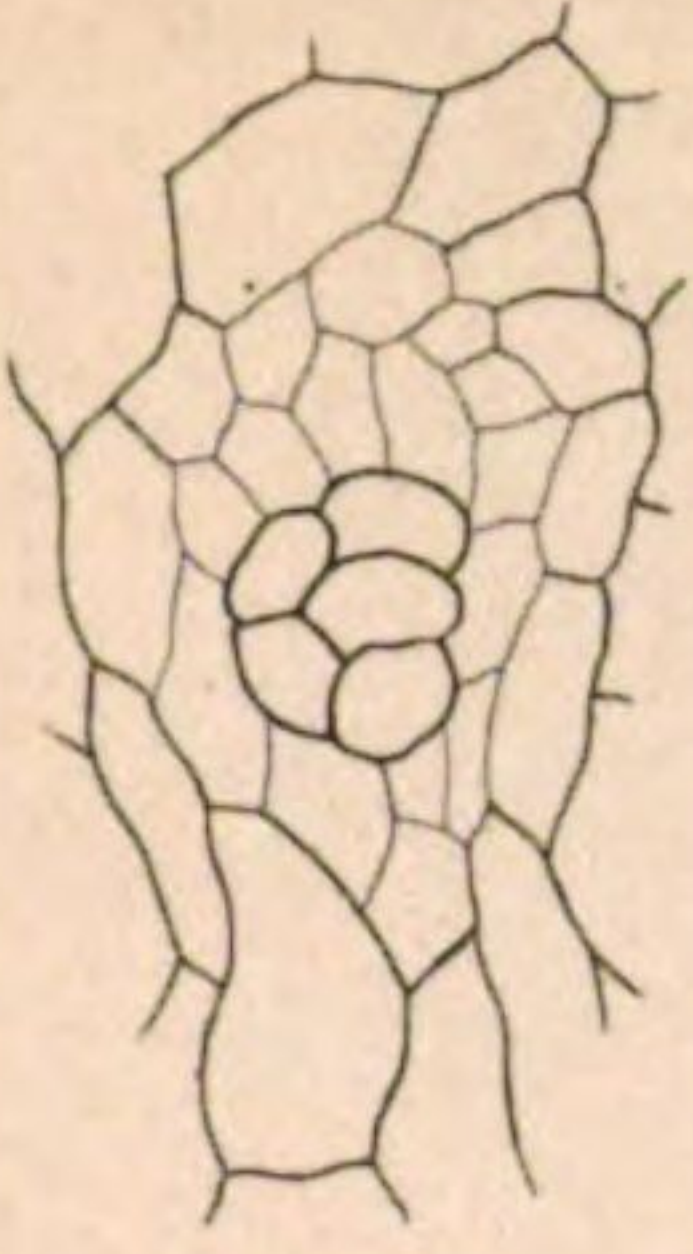


Fig. 1.

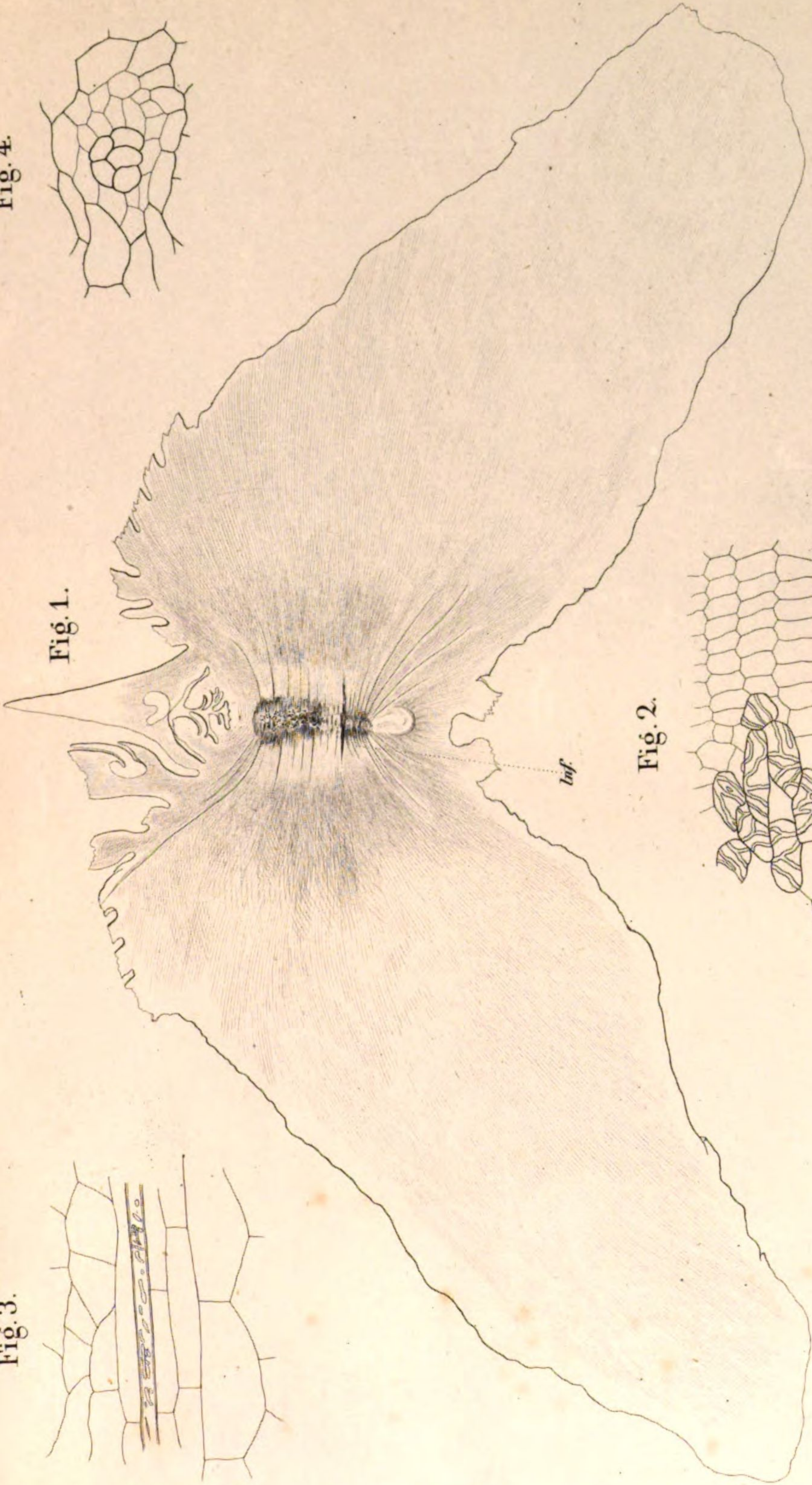


Fig. 2.

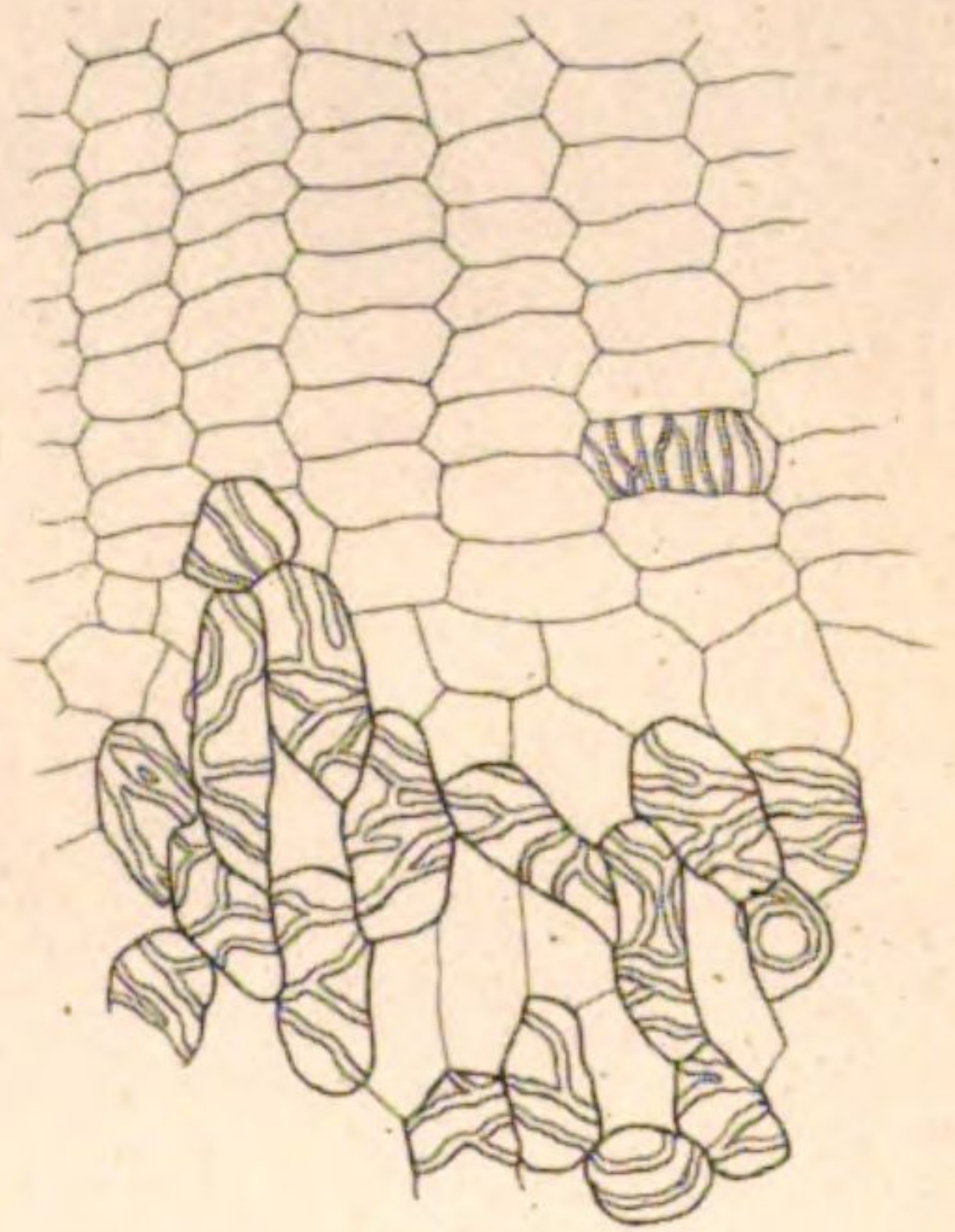


Fig. 3.

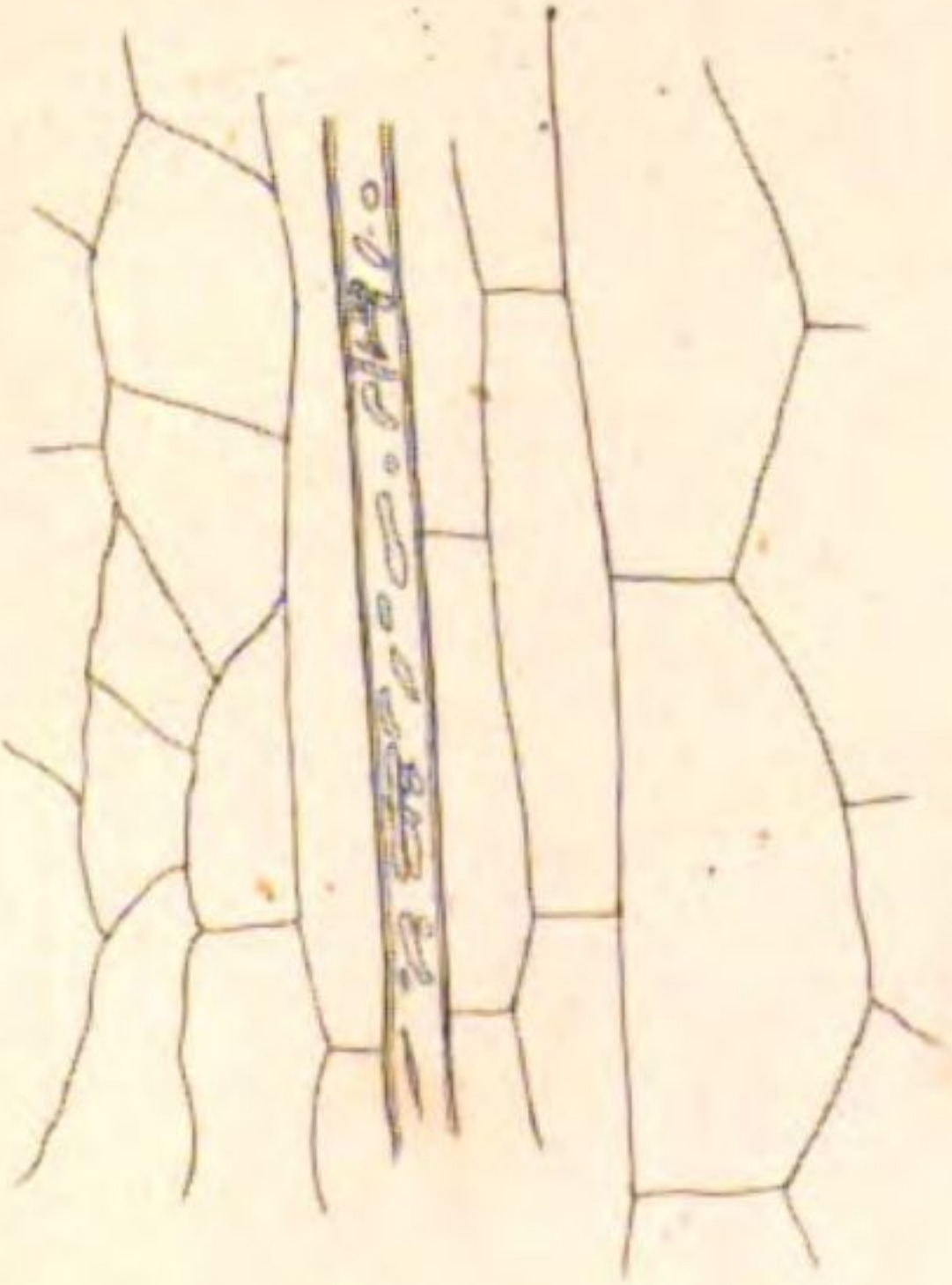


Fig. 2.

Fig. 4.

Fig. 3.

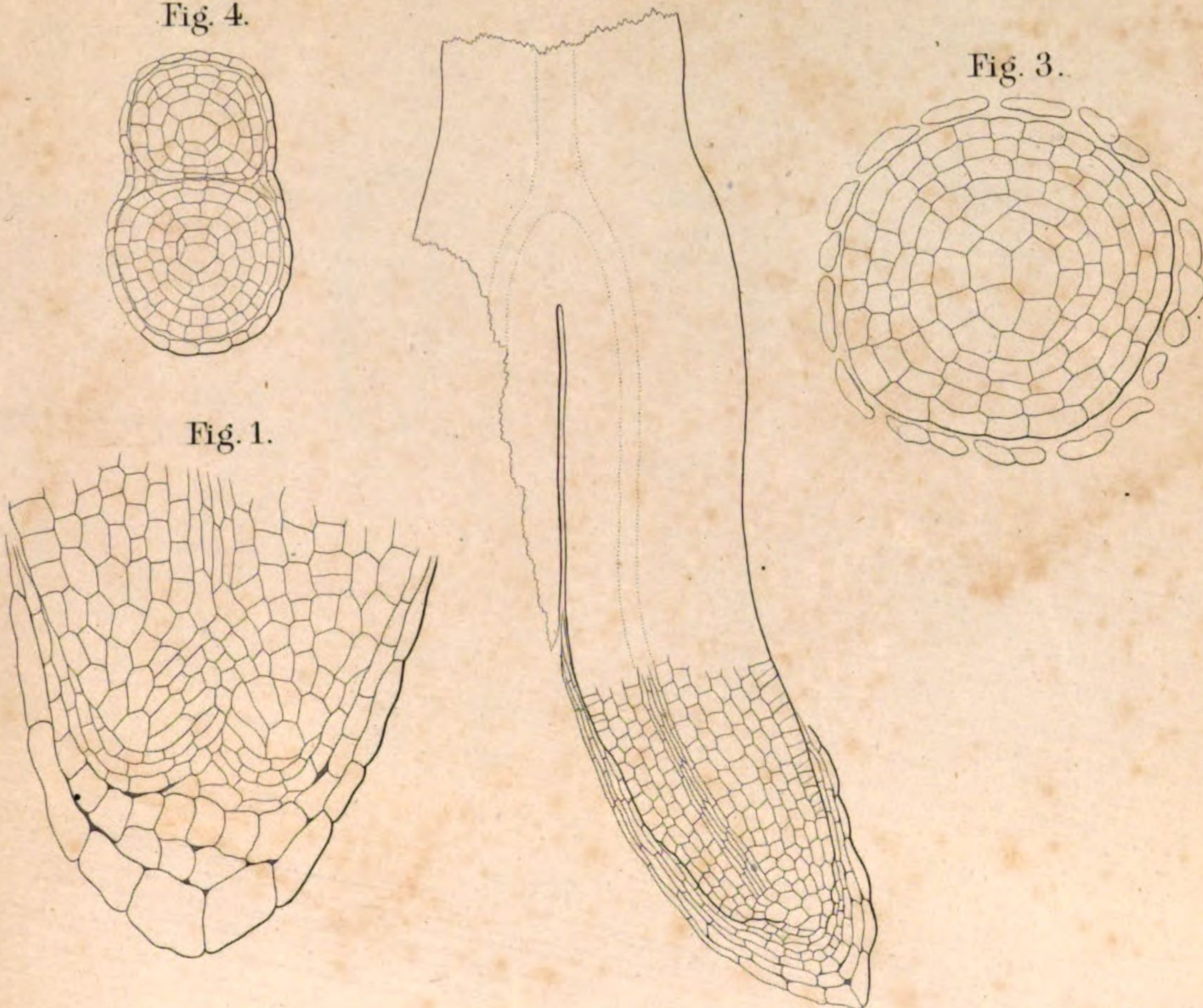


Fig. 5.

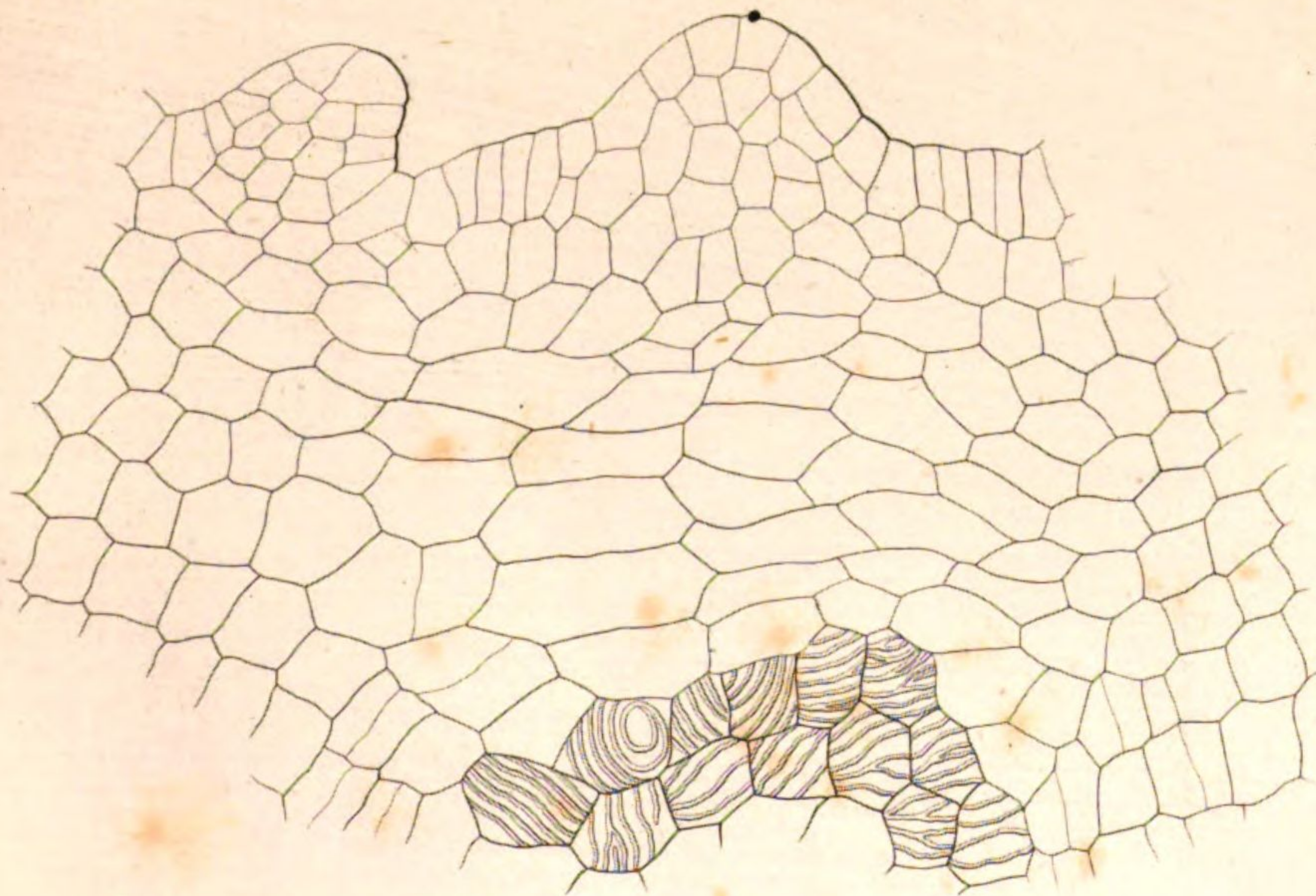


Fig. 8.



Fig. 9.



Fig. 10.



Fig. 11.



Fig. 12.



Fig. 13.



Fig. 16.^b



Fig. 17.^b



Fig. 14.



Fig. 16.^a



Fig. 15.



Fig. 5.



Fig. 6.



Fig. 17.^a



Fig. 21.



Fig. 18.



Fig. 19.



Fig. 4.



Fig. 7.

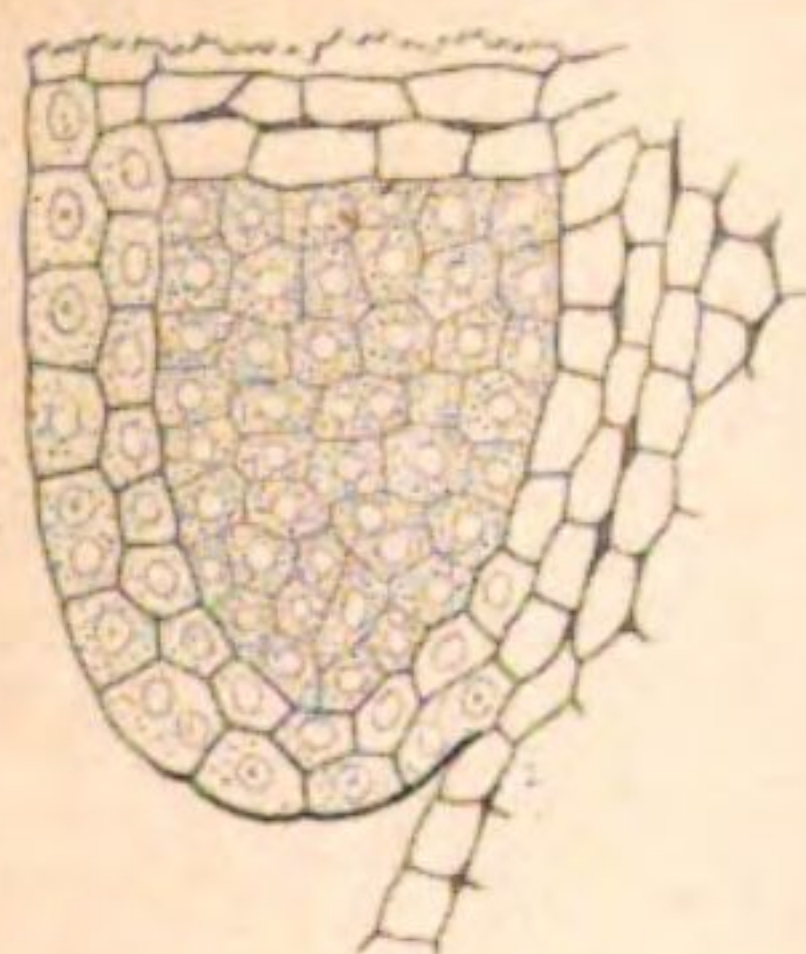


Fig. 20.



Fig. 22.



Fig. 1.

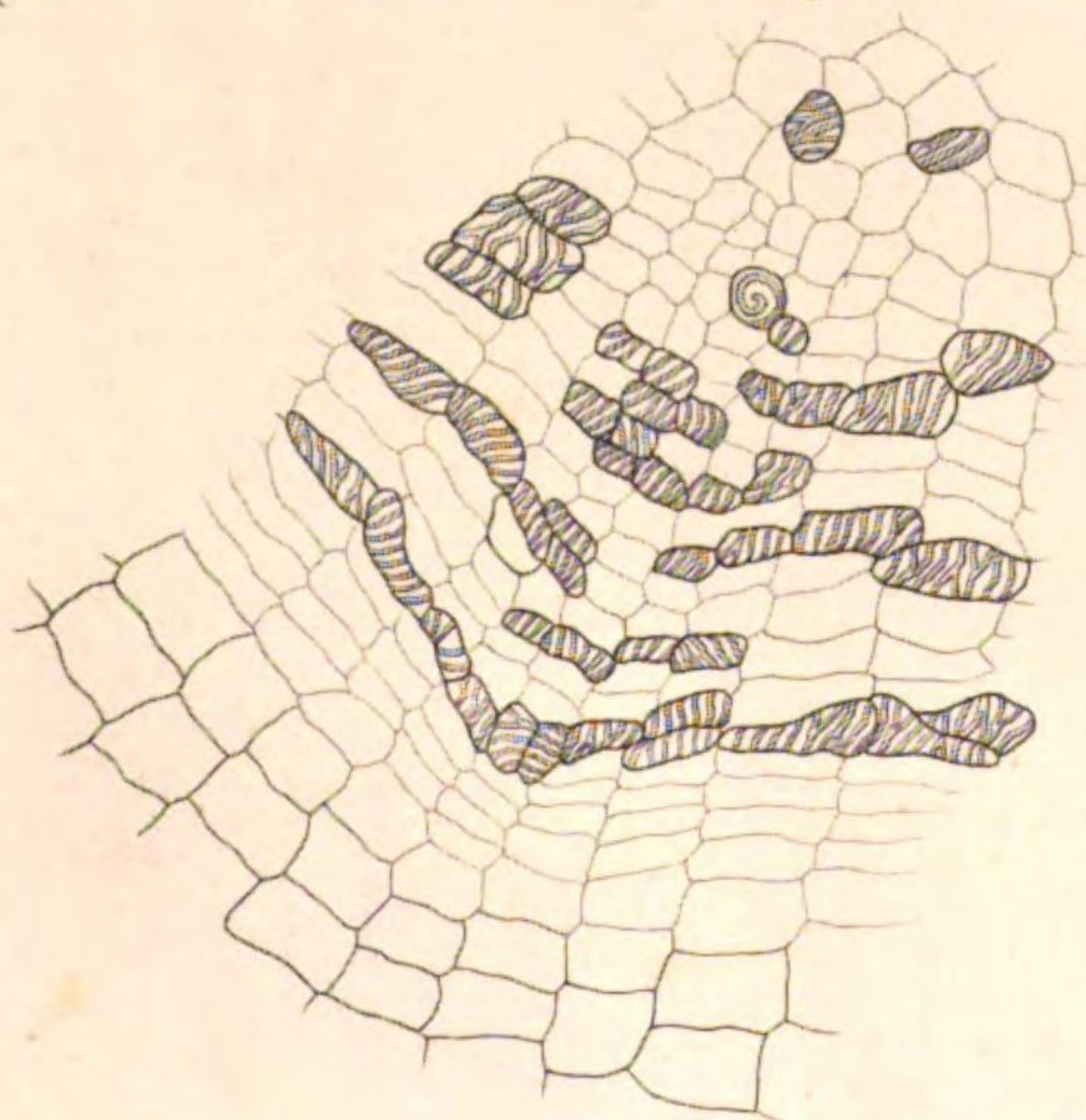


Fig. 2.



Fig. 3.

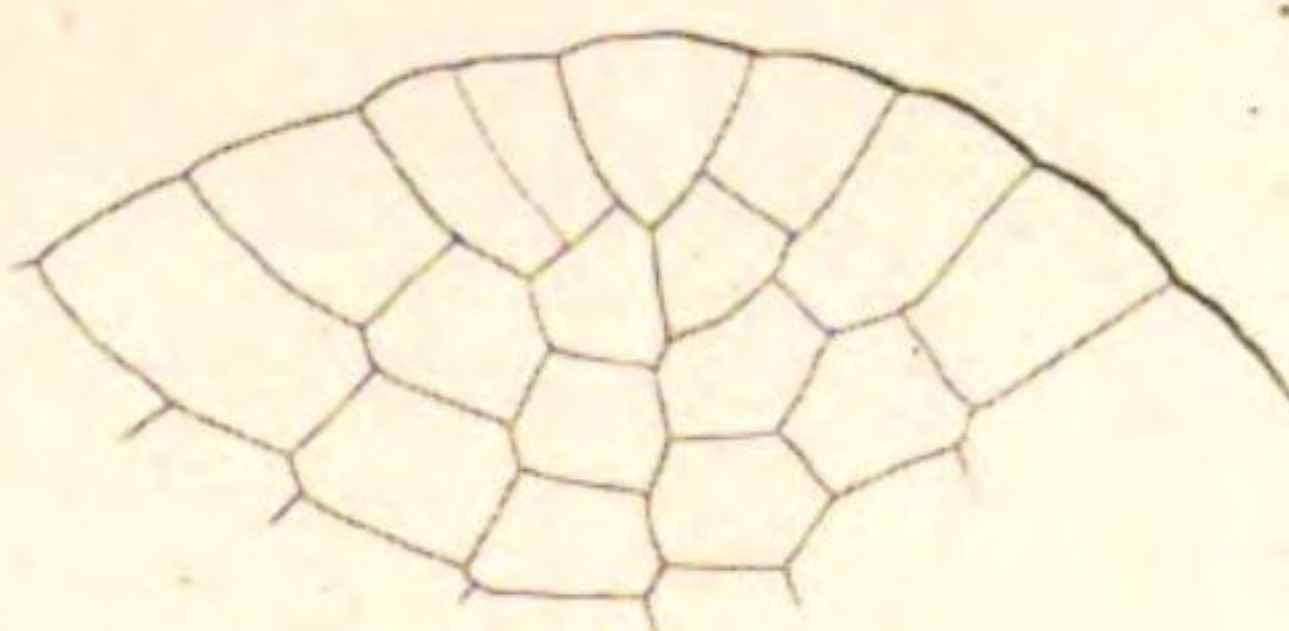


Fig. 1.



Fig. 3.

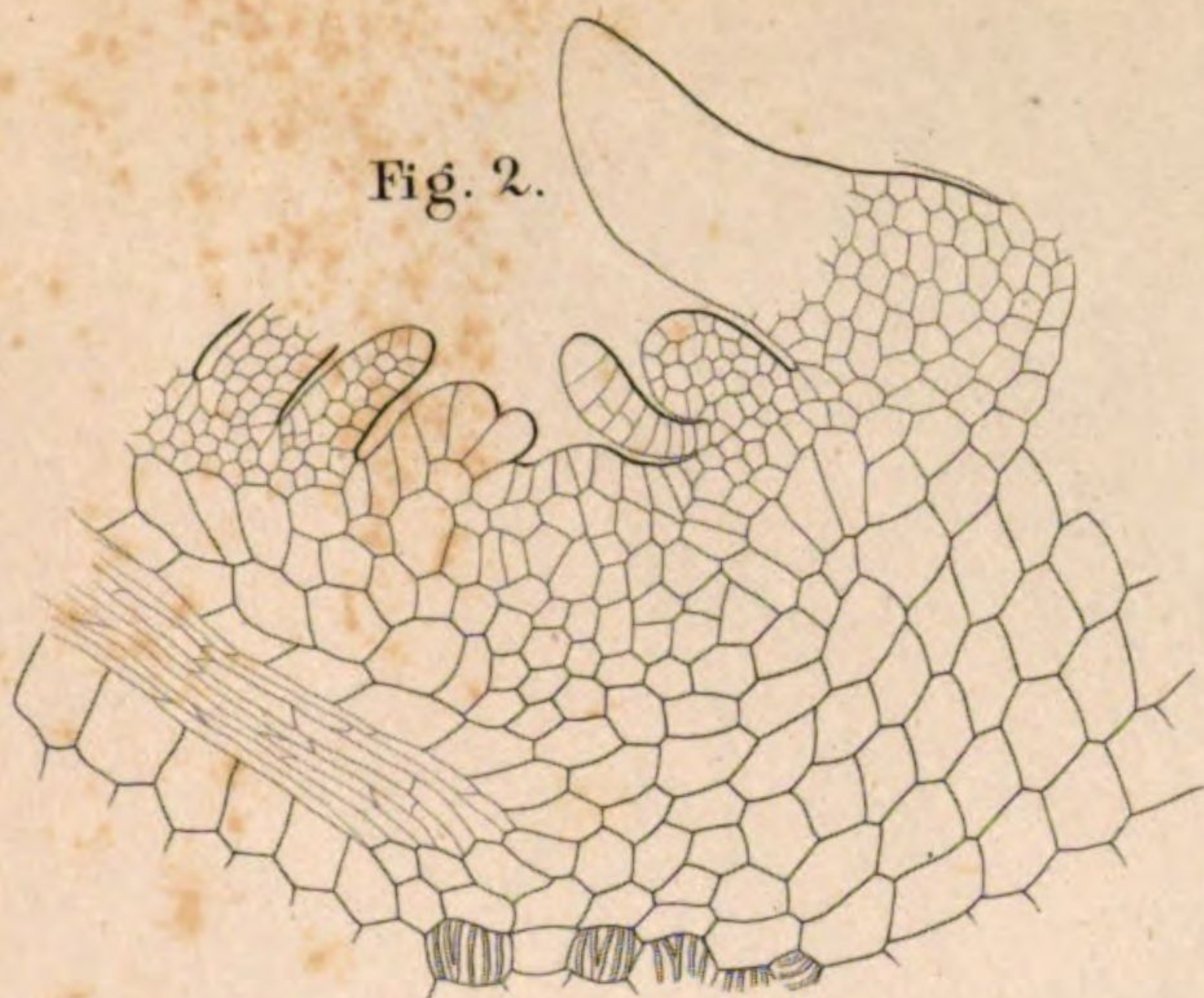


Fig. 2.

Fig. 4.

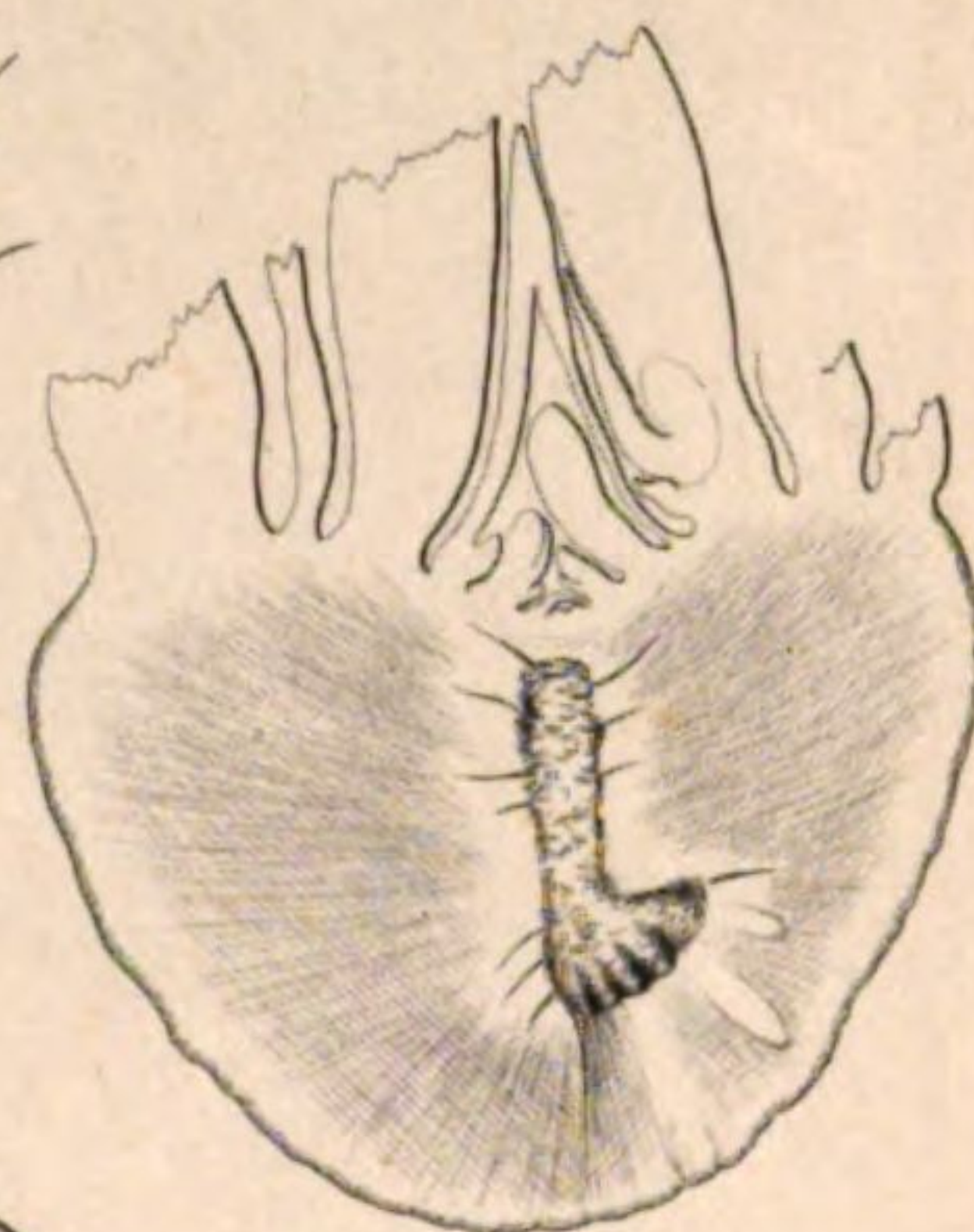


Fig. 5.



Fig. 6.

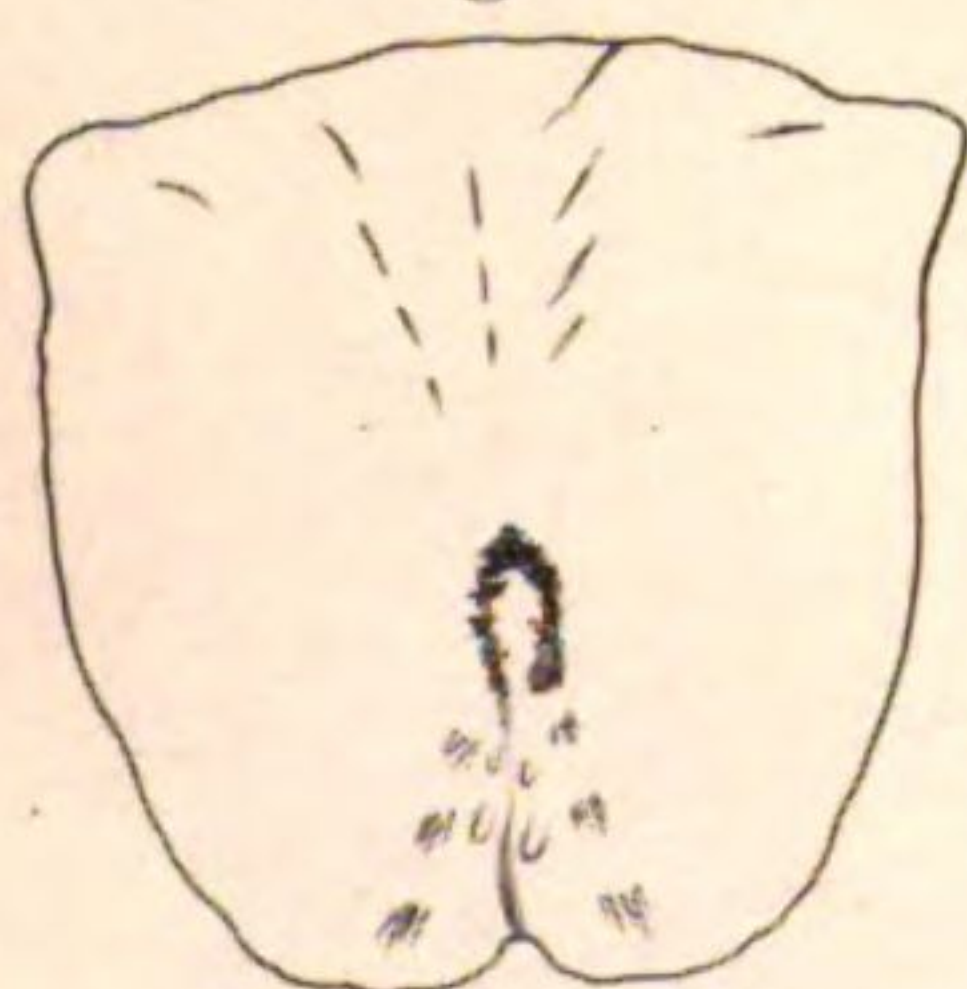


Fig. 7.

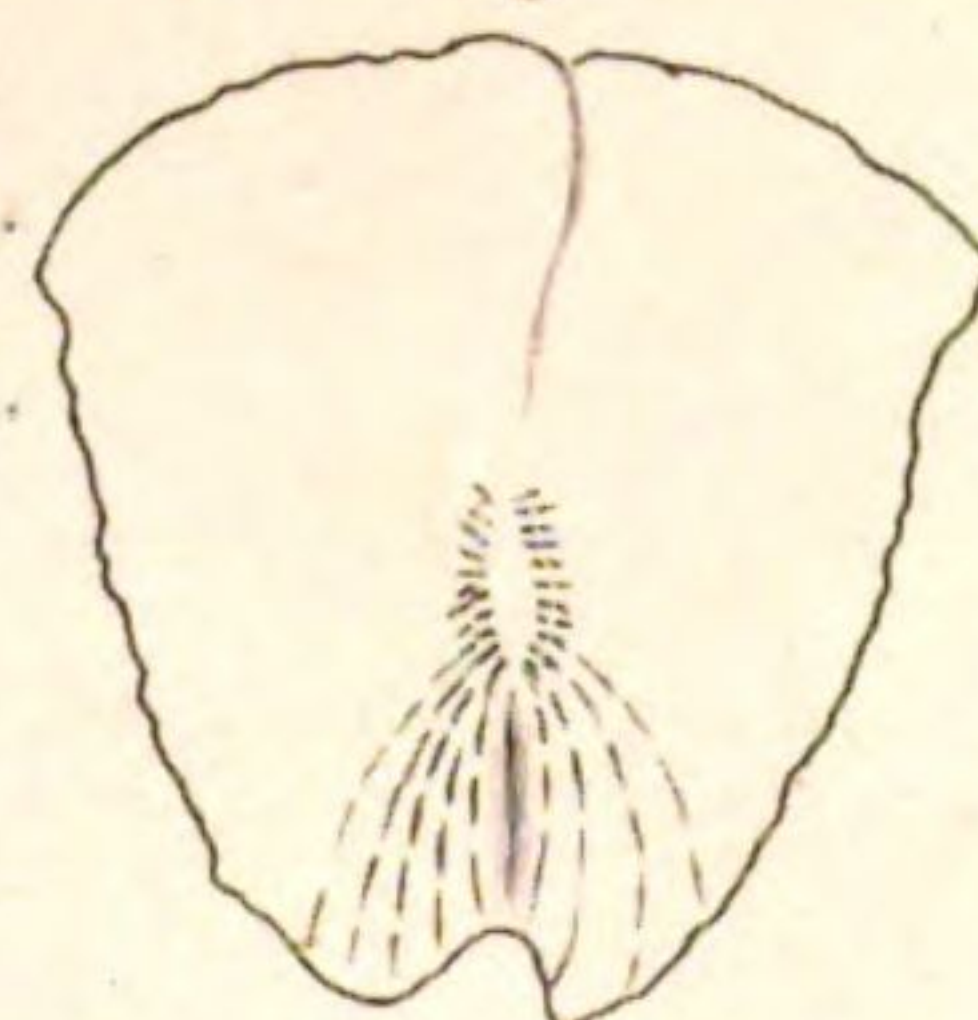


Fig. 2.

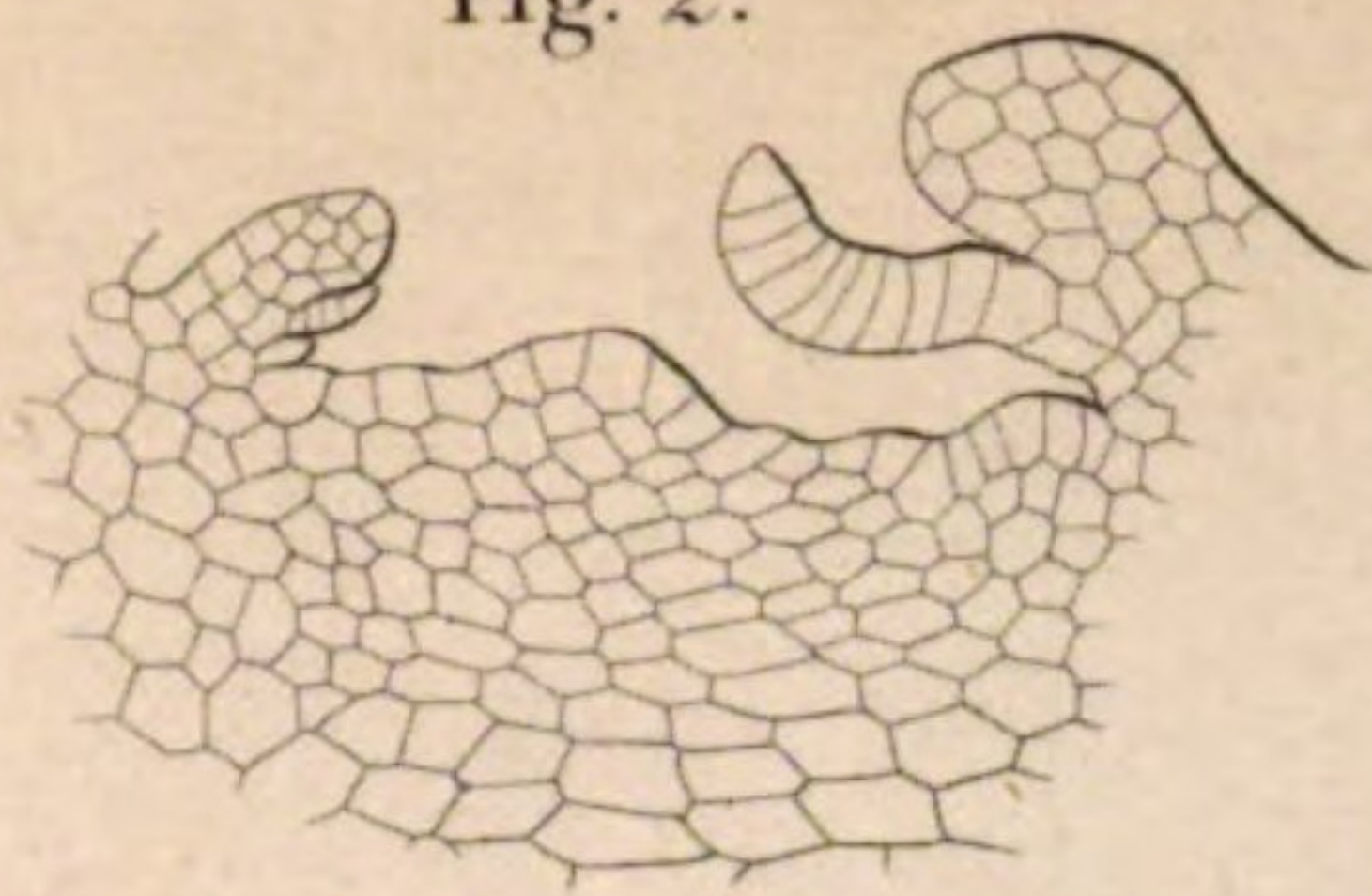


Fig. 1.

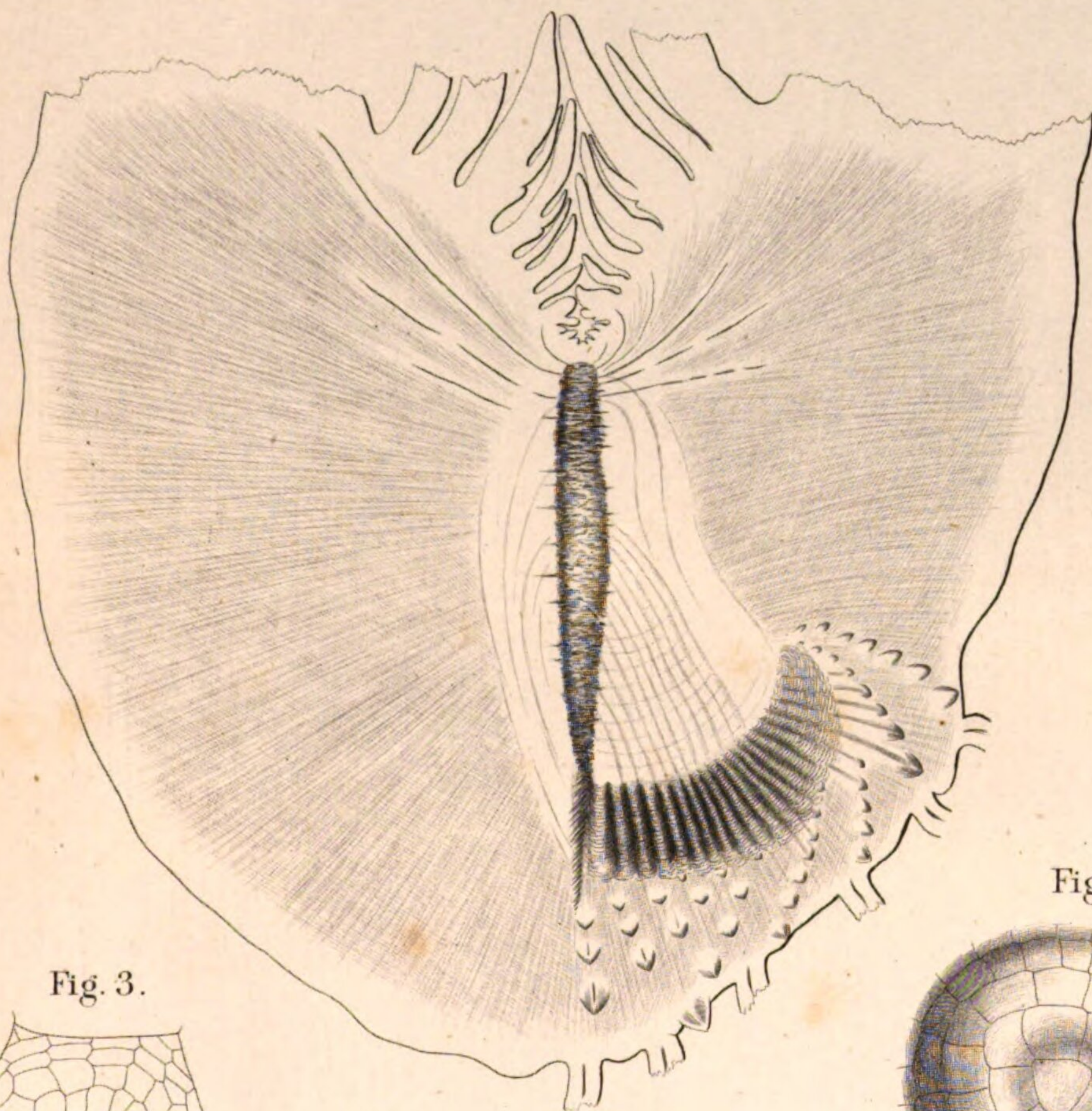


Fig. 3.

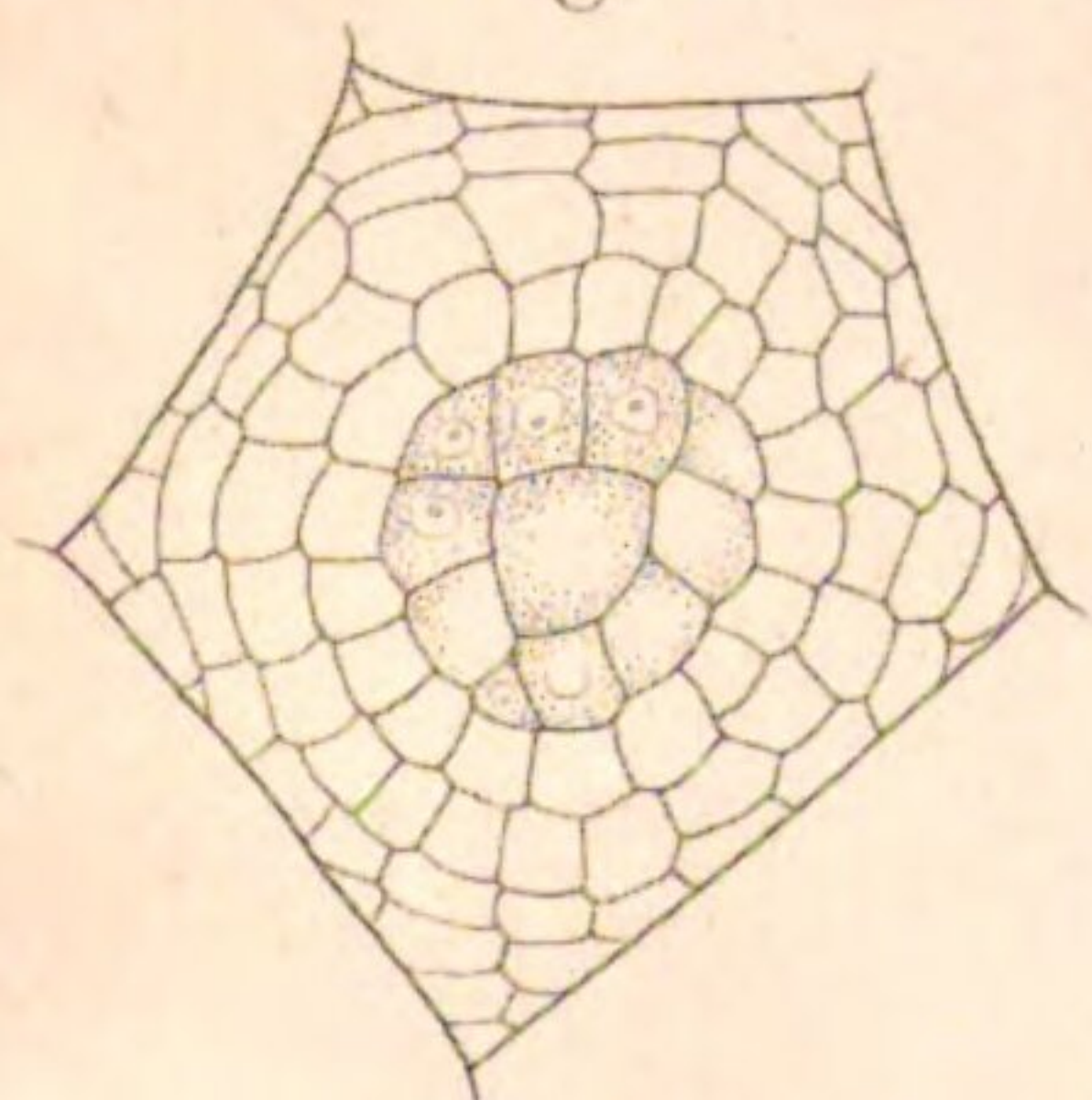


Fig. 4.

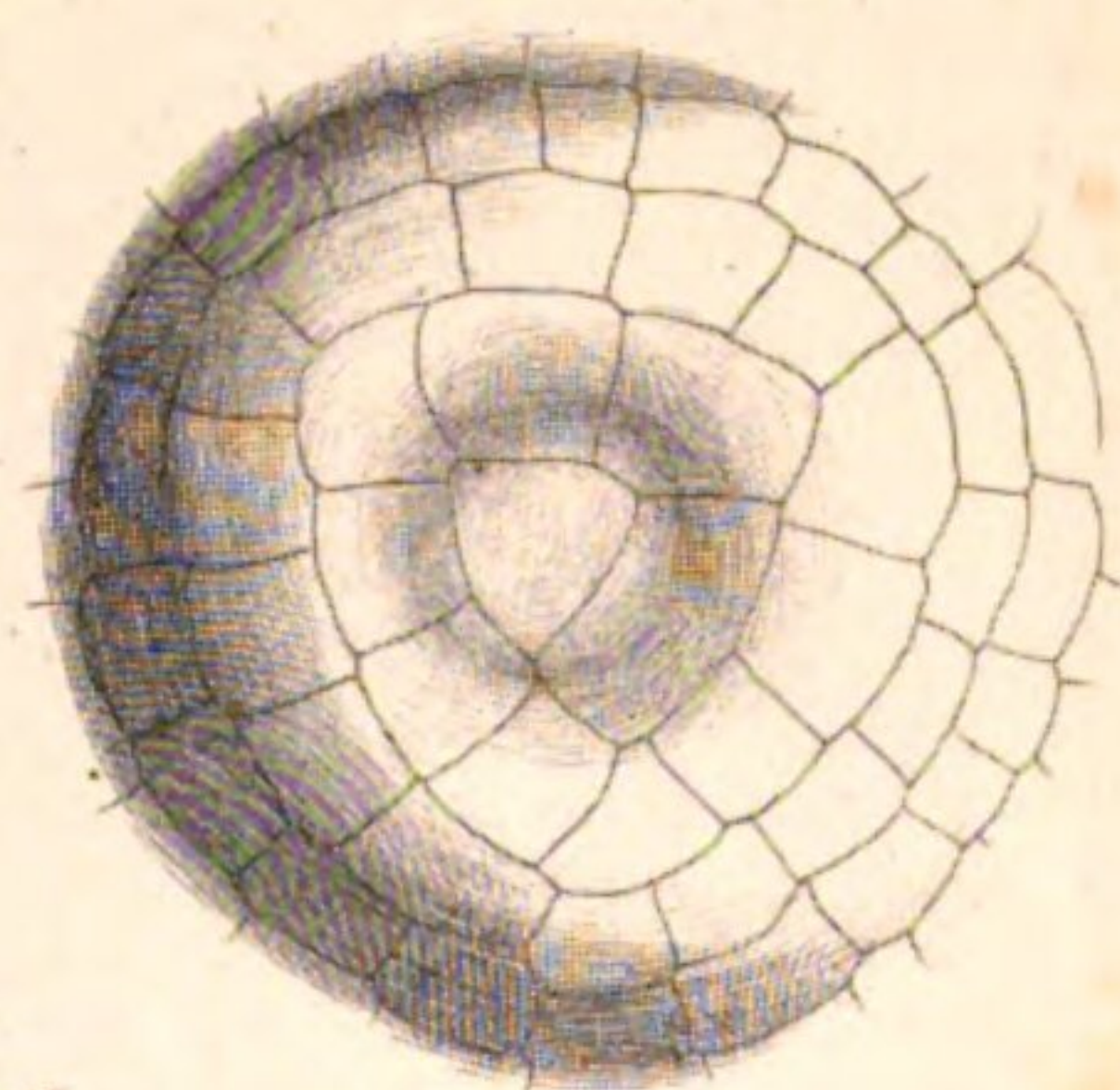


Fig. 5.

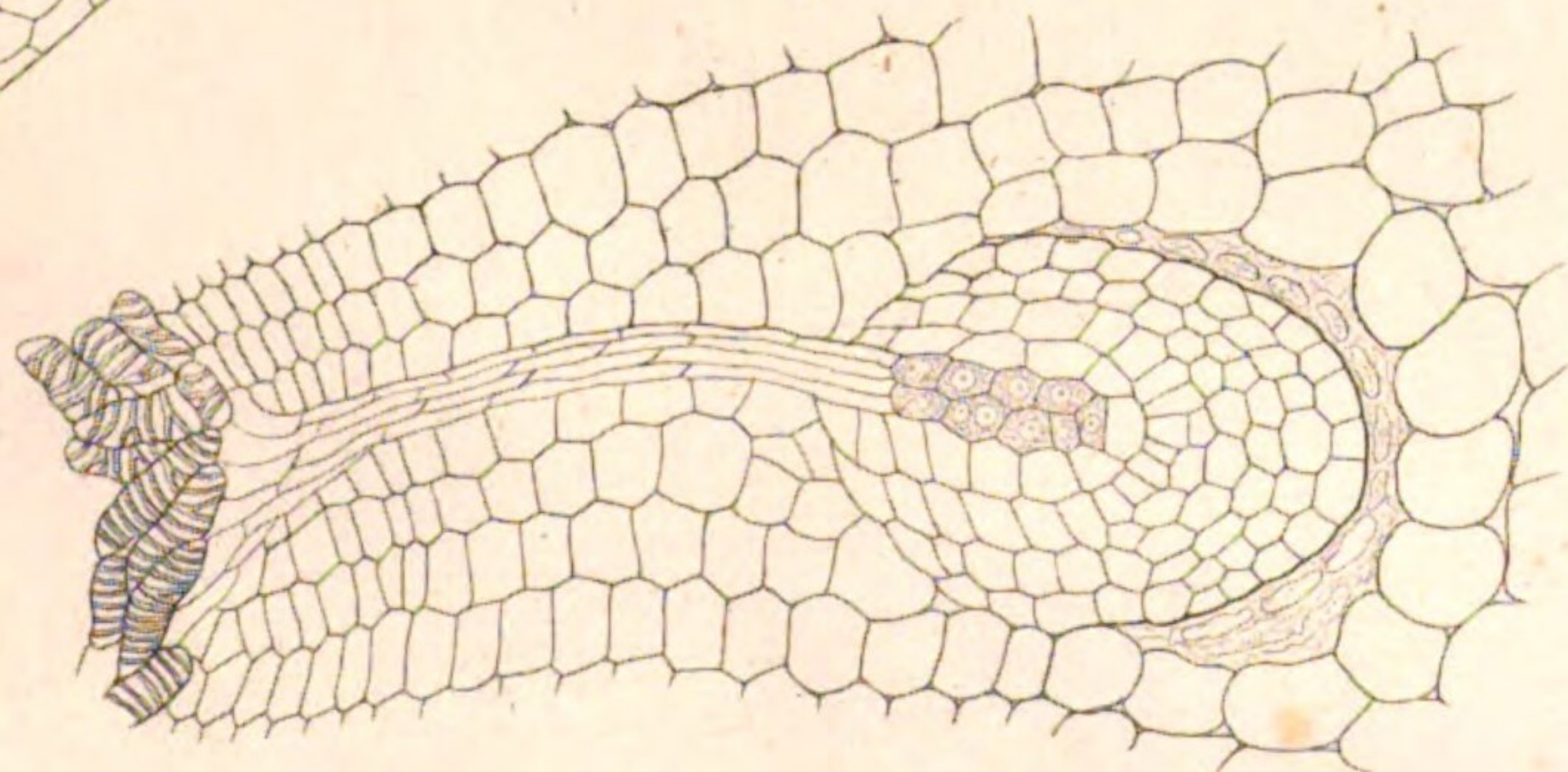


Fig. 1.



Fig. 2.

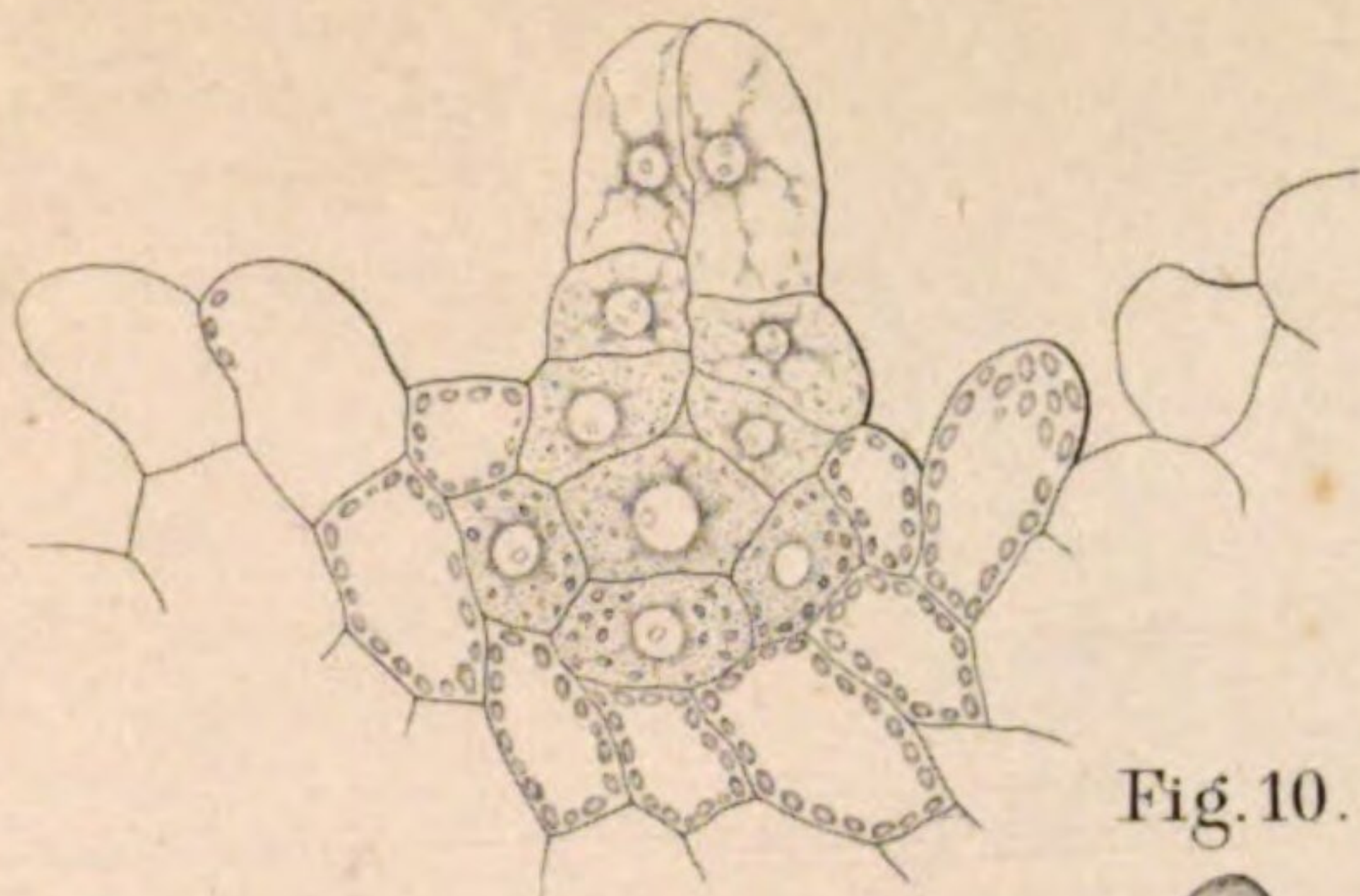


Fig. 3.



Fig. 4.



Fig. 6.

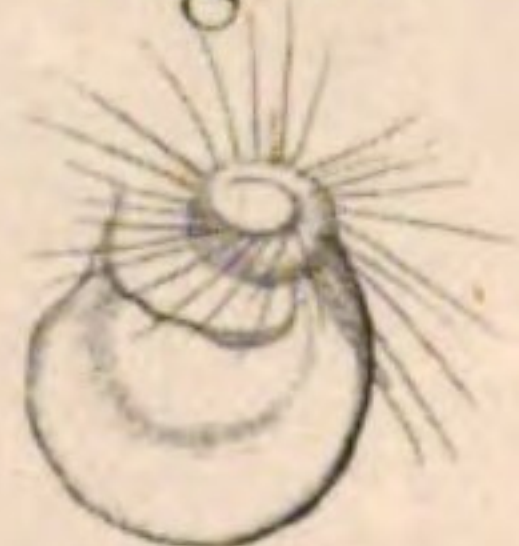


Fig. 5.



Fig. 10.

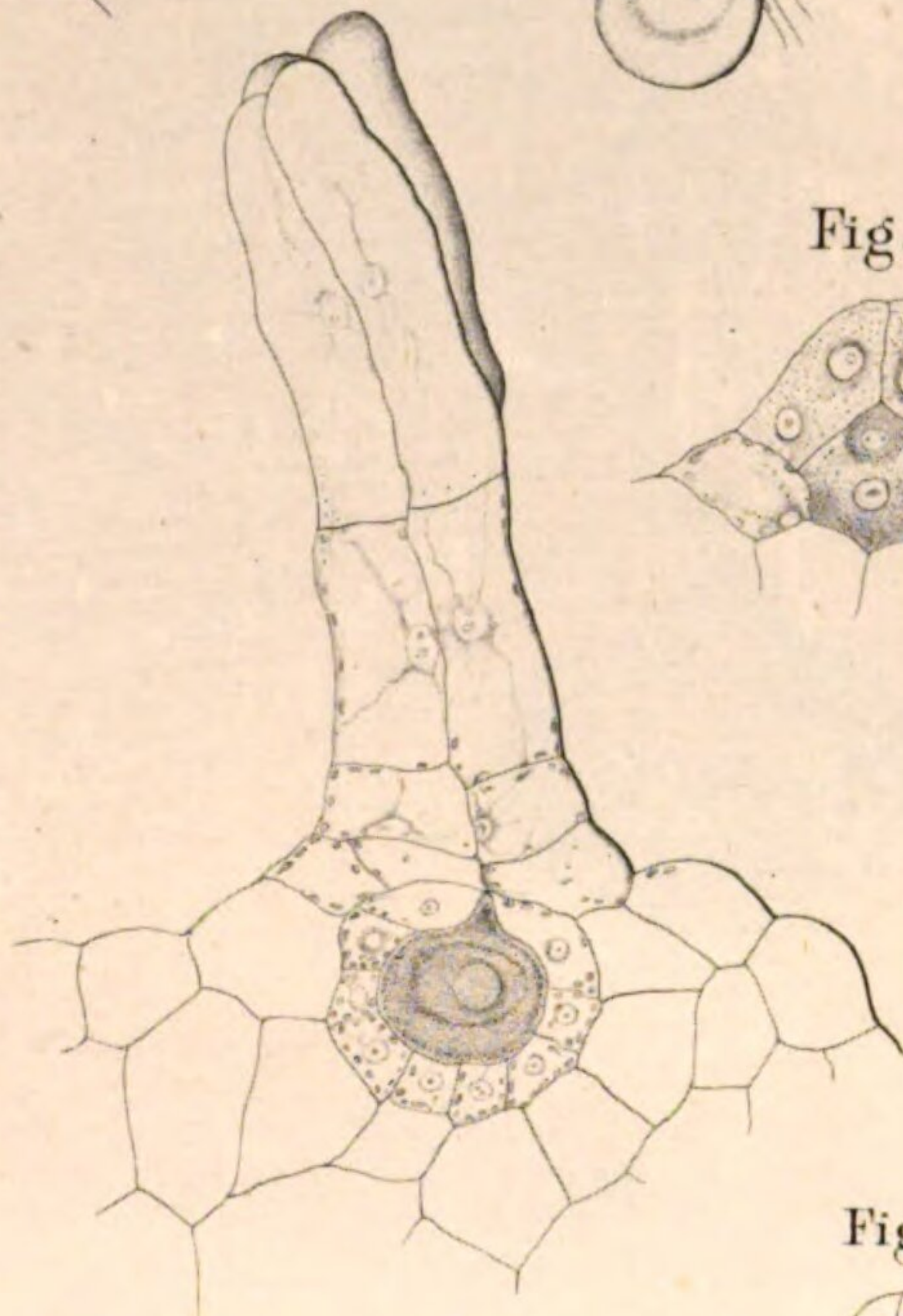


Fig. 11.

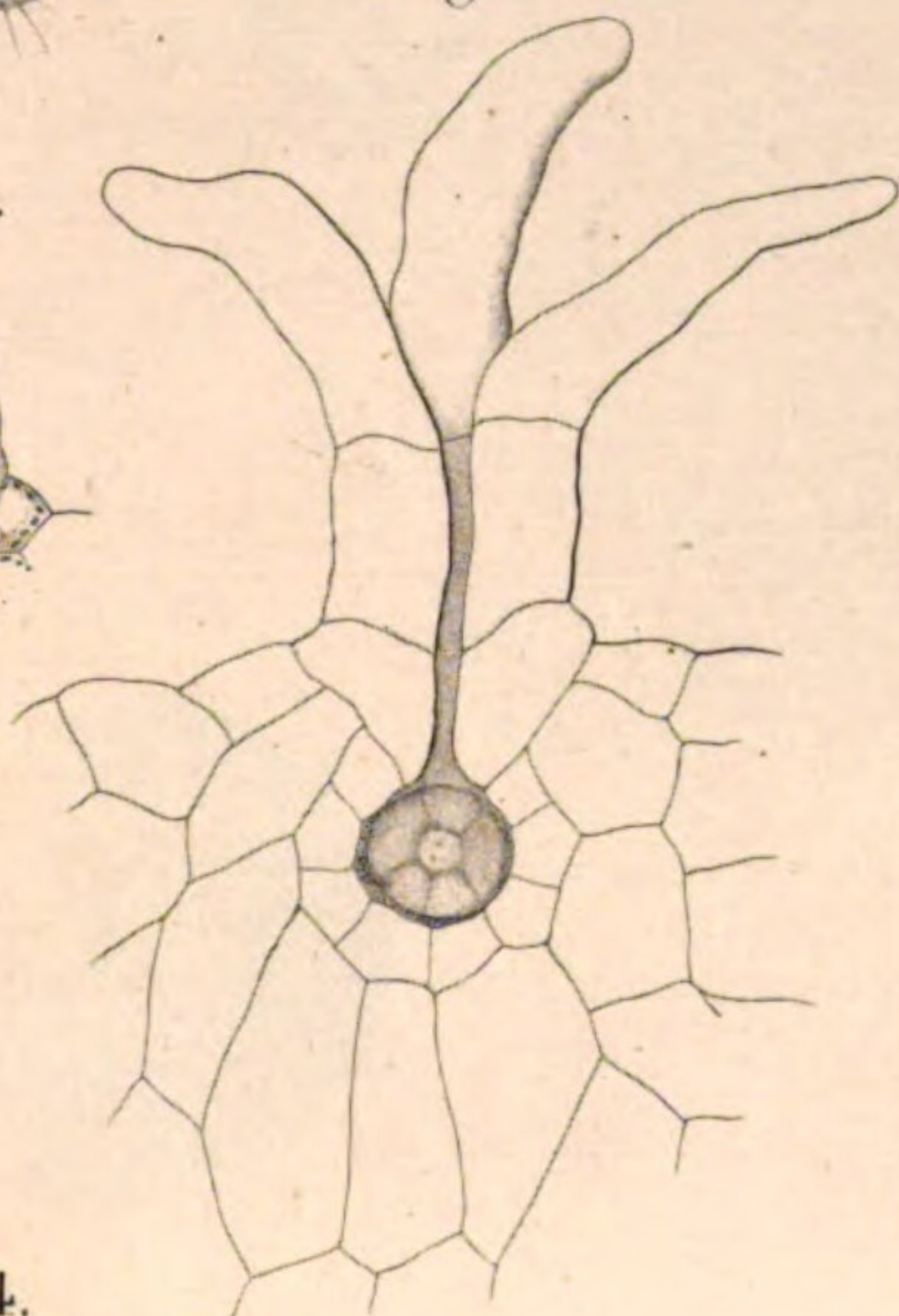


Fig. 8.



Fig. 7.

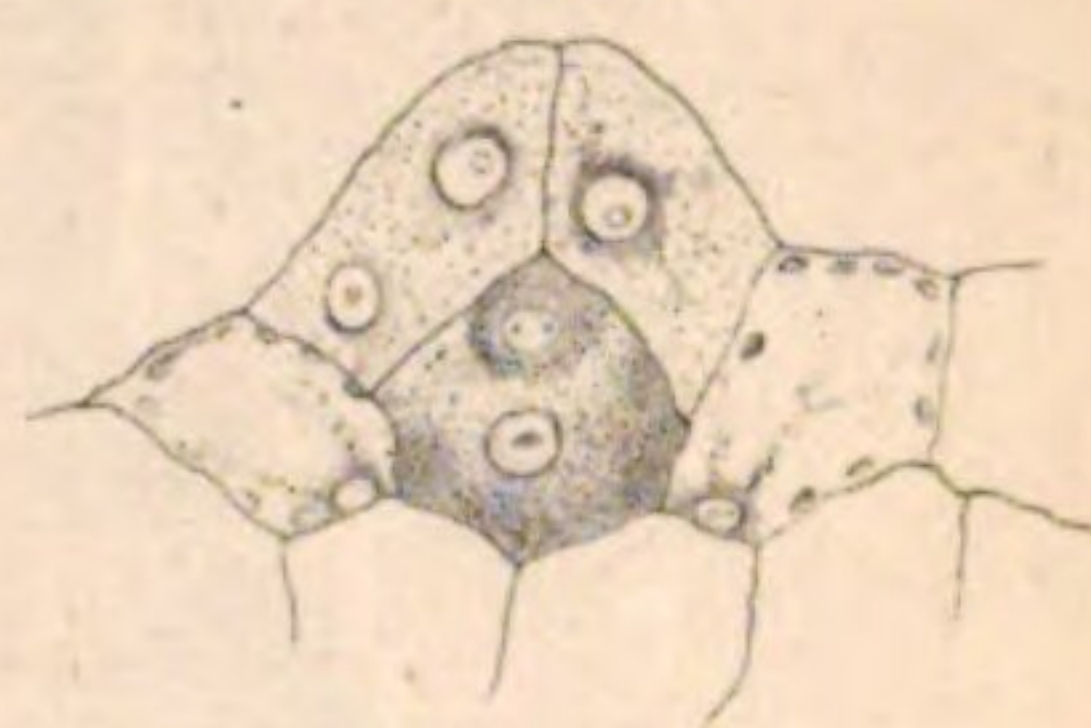


Fig. 14.



Fig. 12.

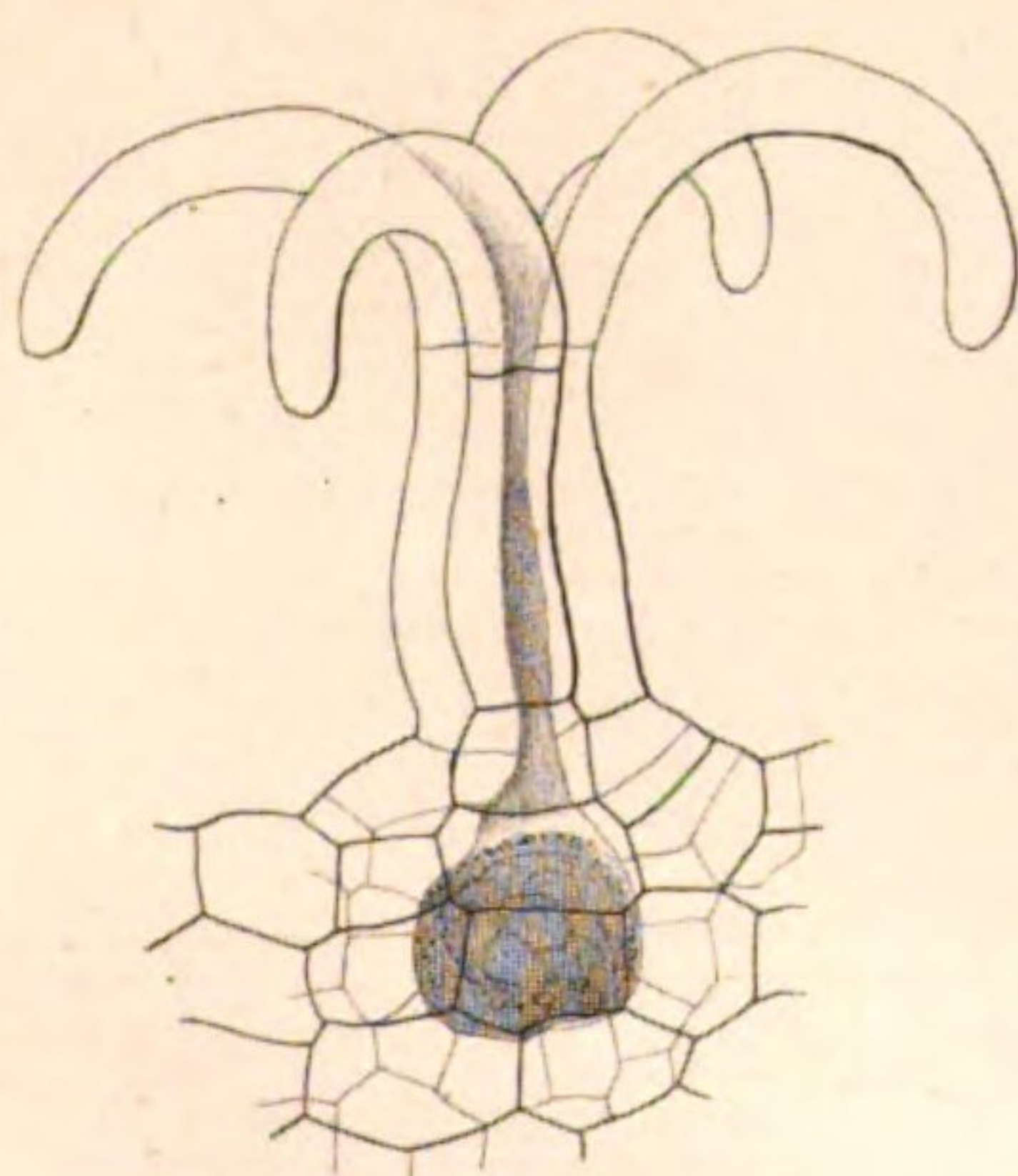


Fig. 15.



Fig. 13.

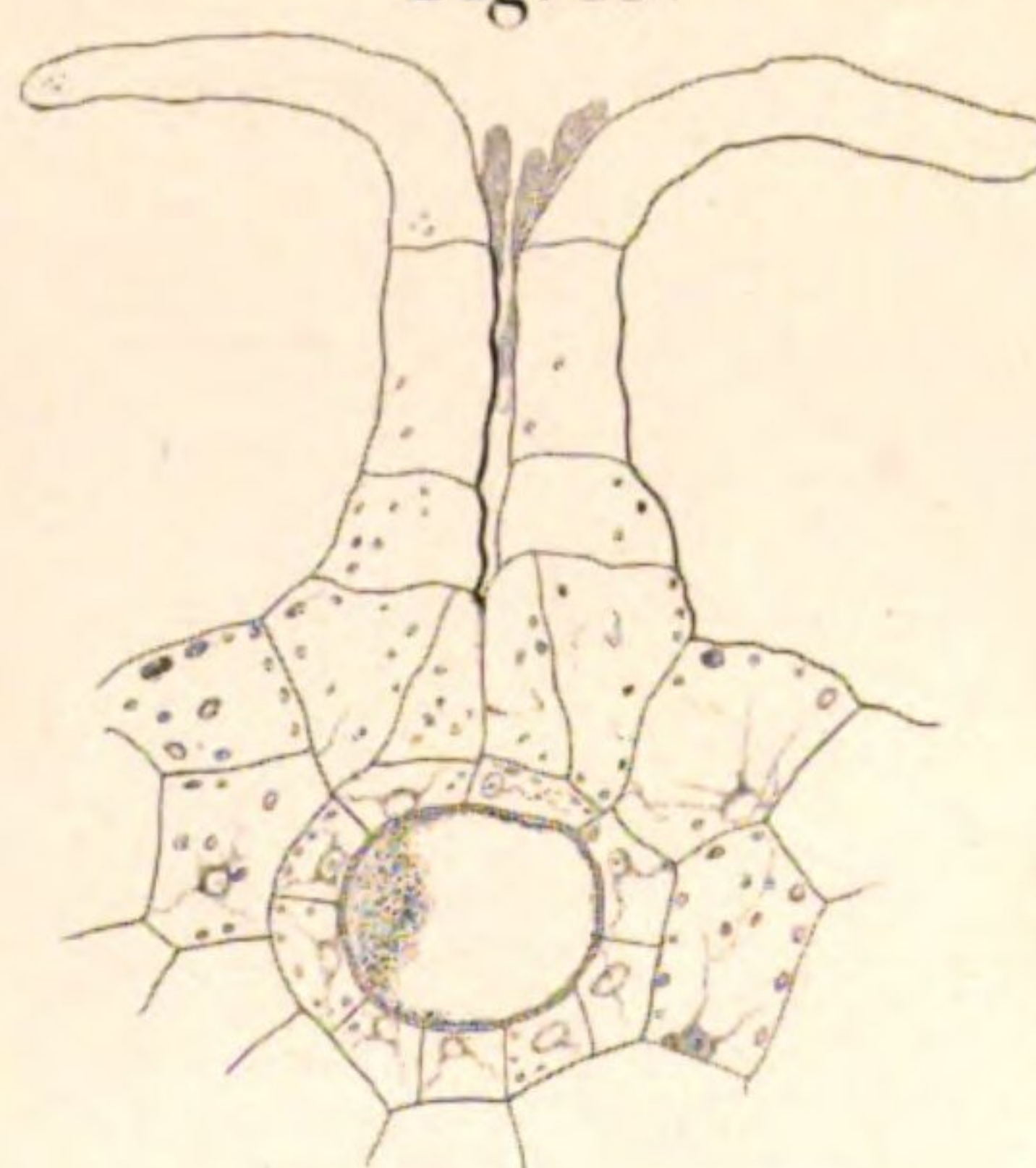


Fig. 16.



Fig. 17.

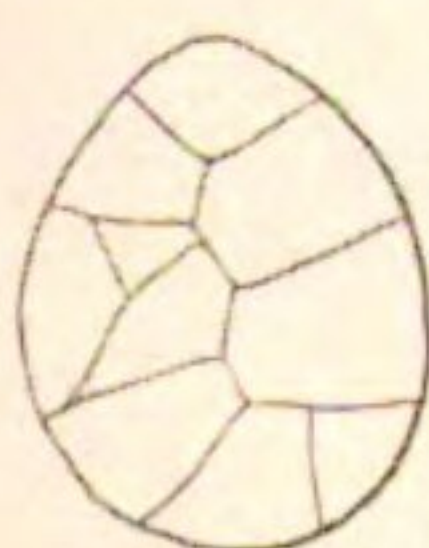


Fig. 18.



Fig. 19.

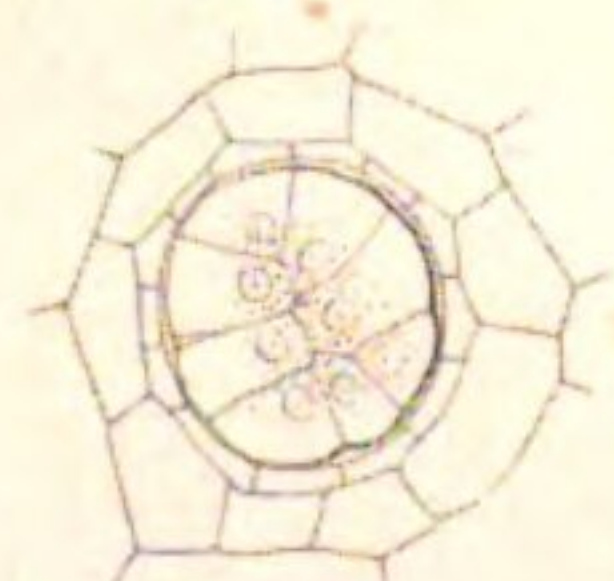


Fig. 3.

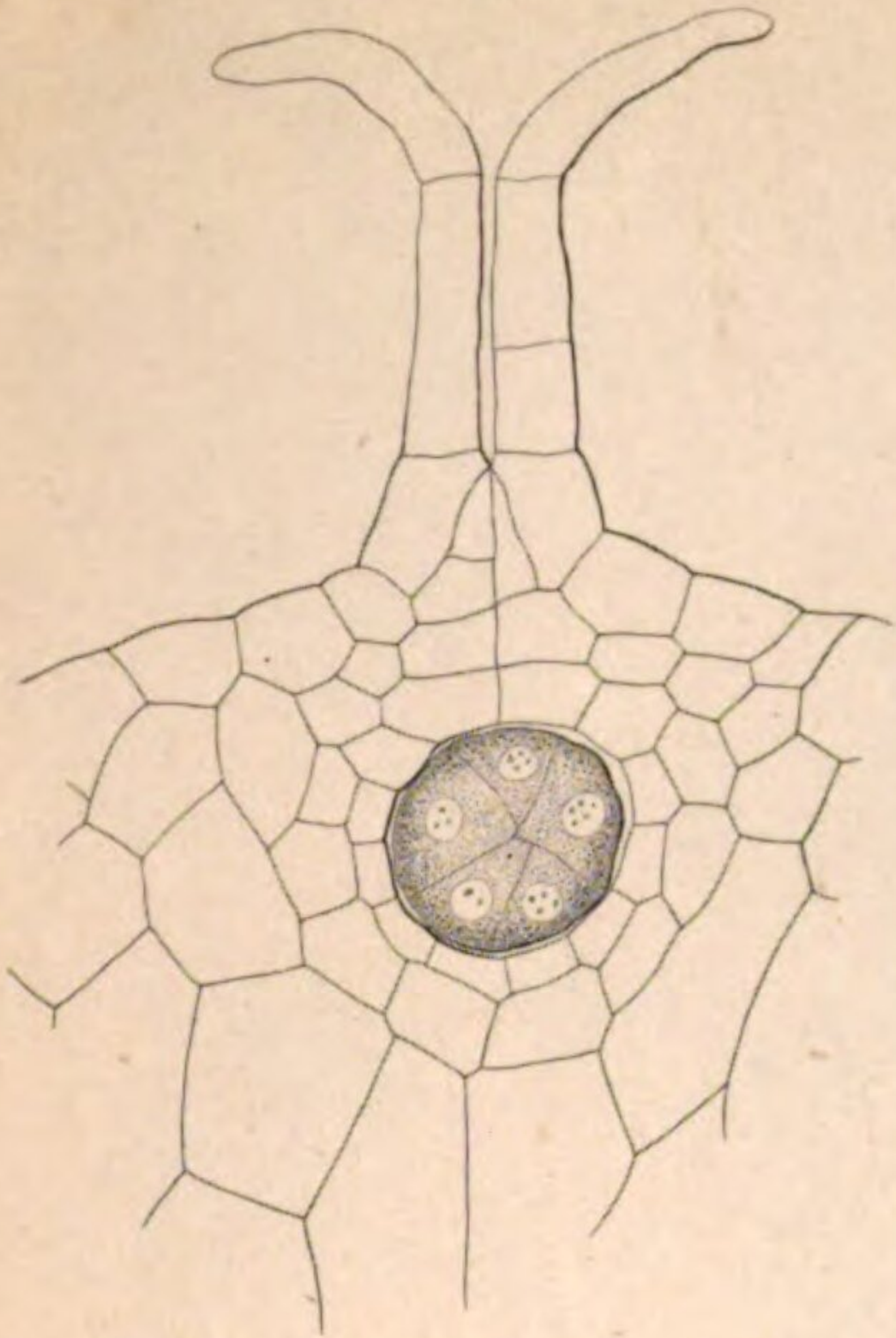


Fig. 1.

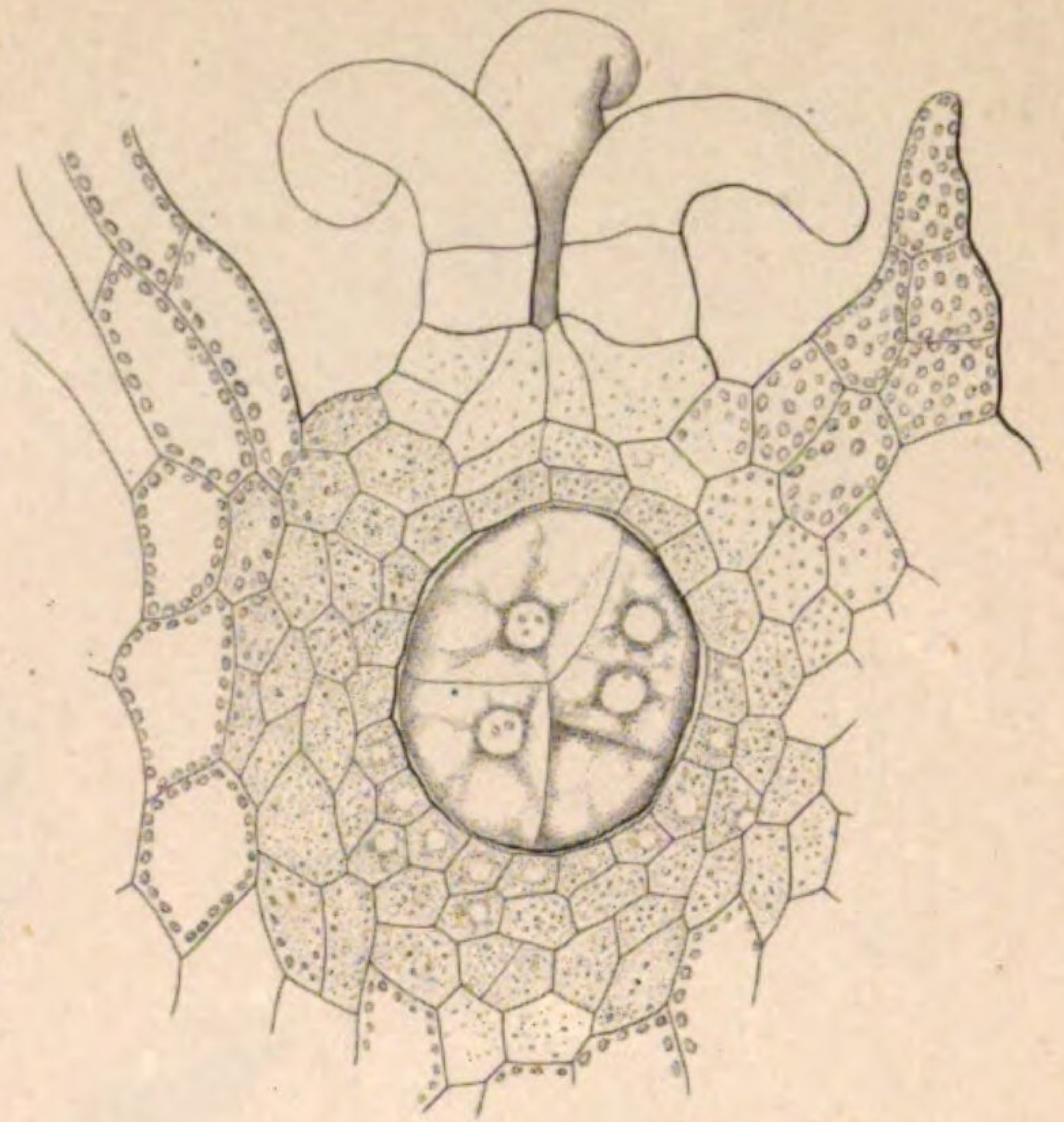


Fig. 2.

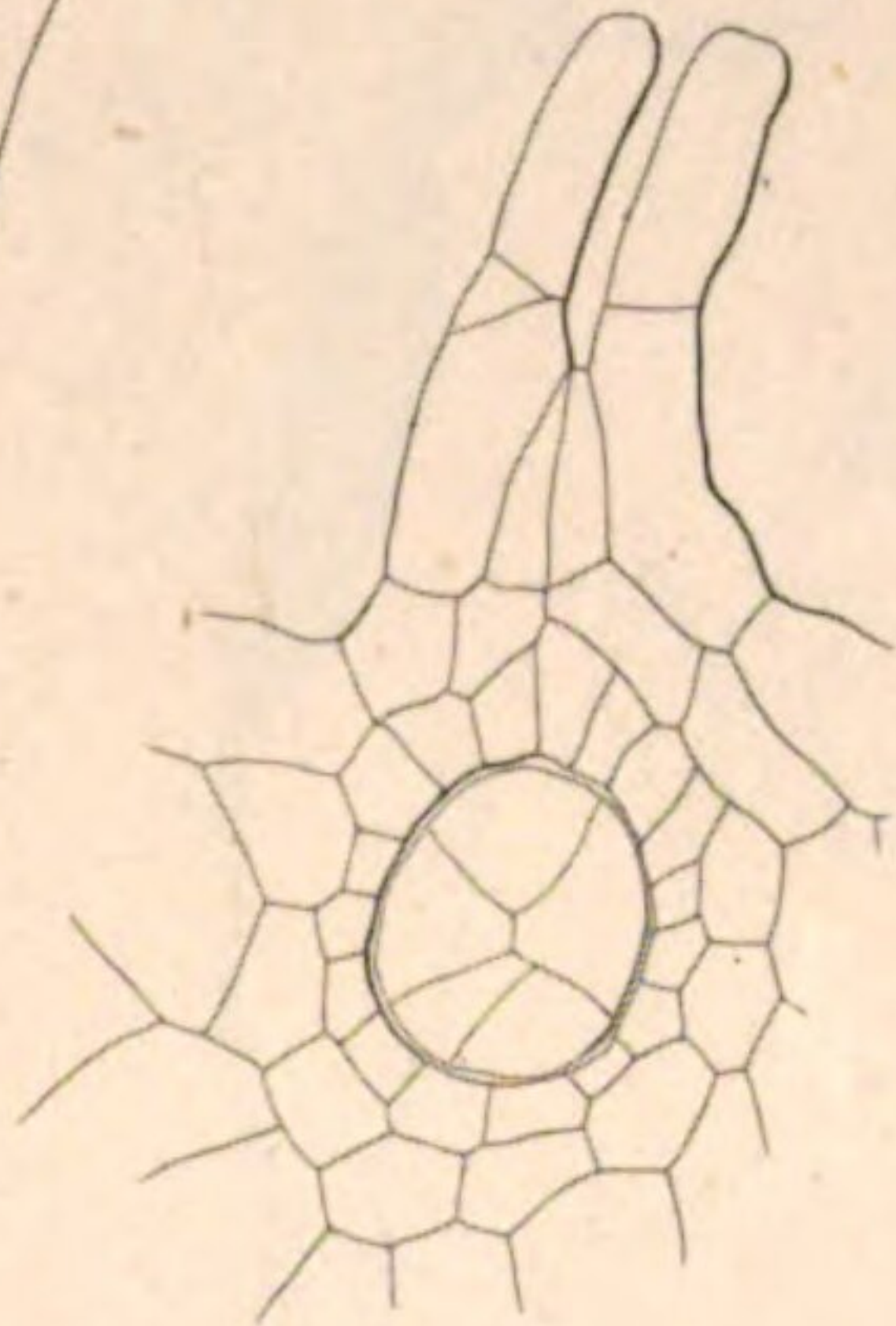


Fig. 5.

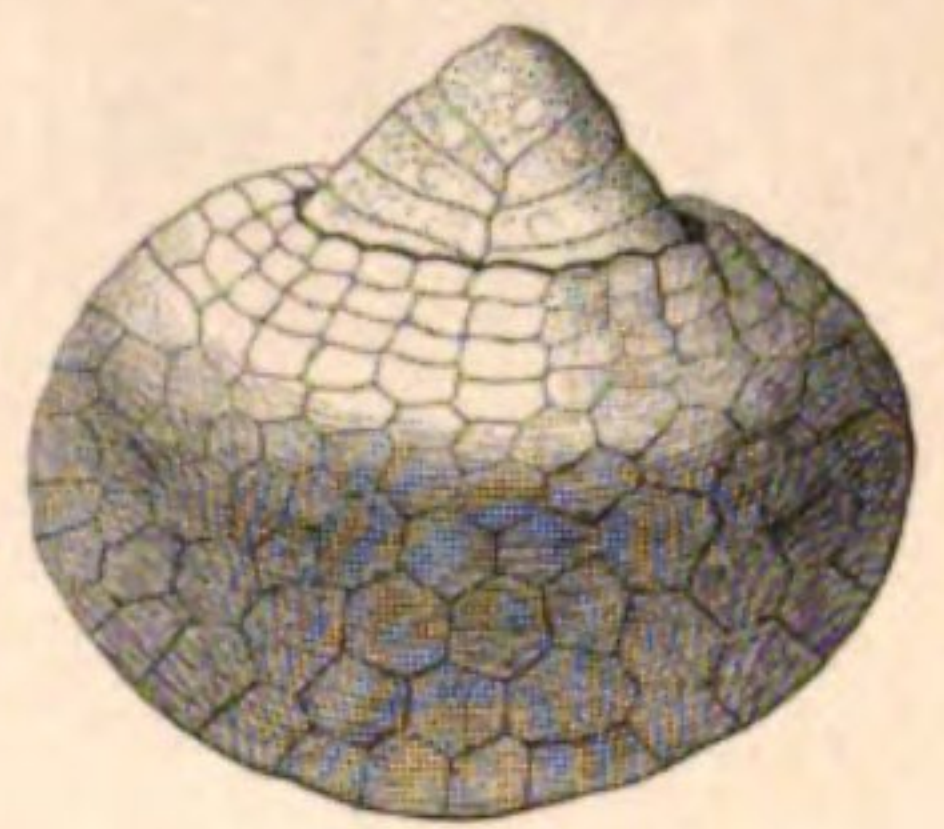


Fig. 6.

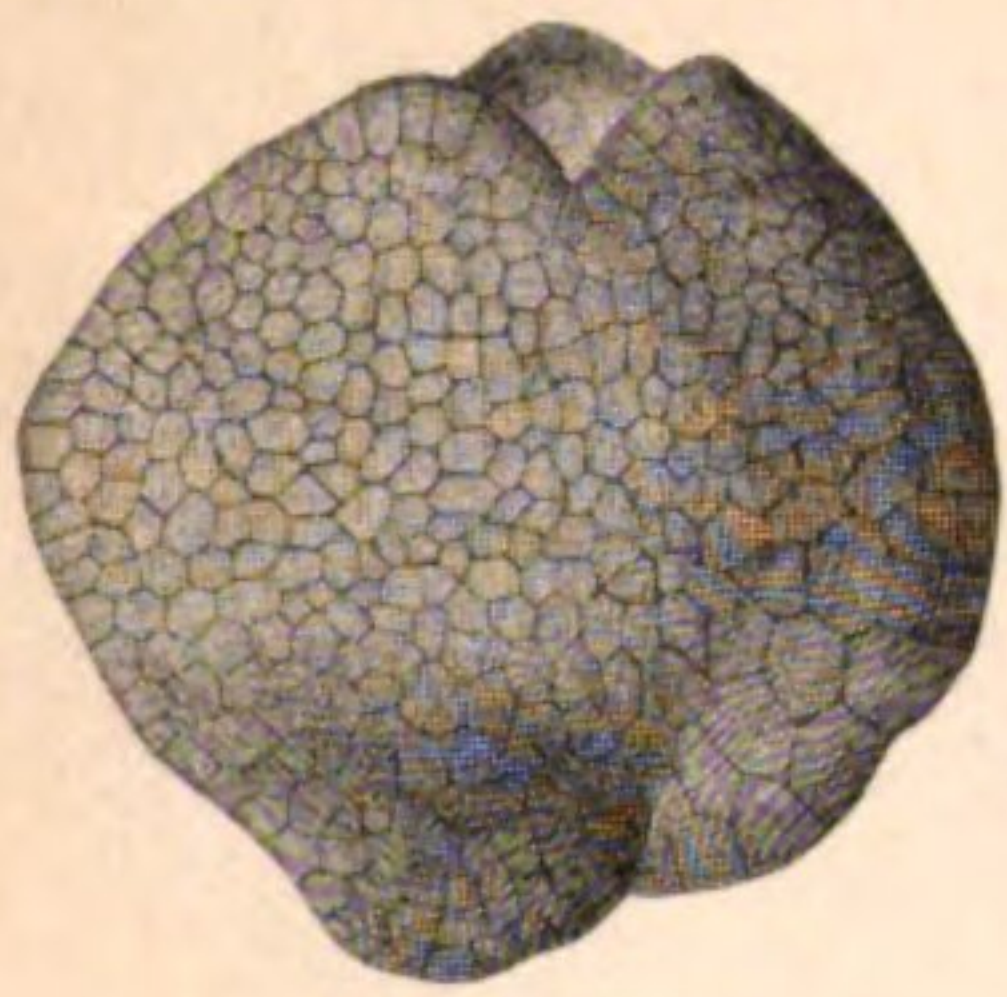


Fig. 4.^a

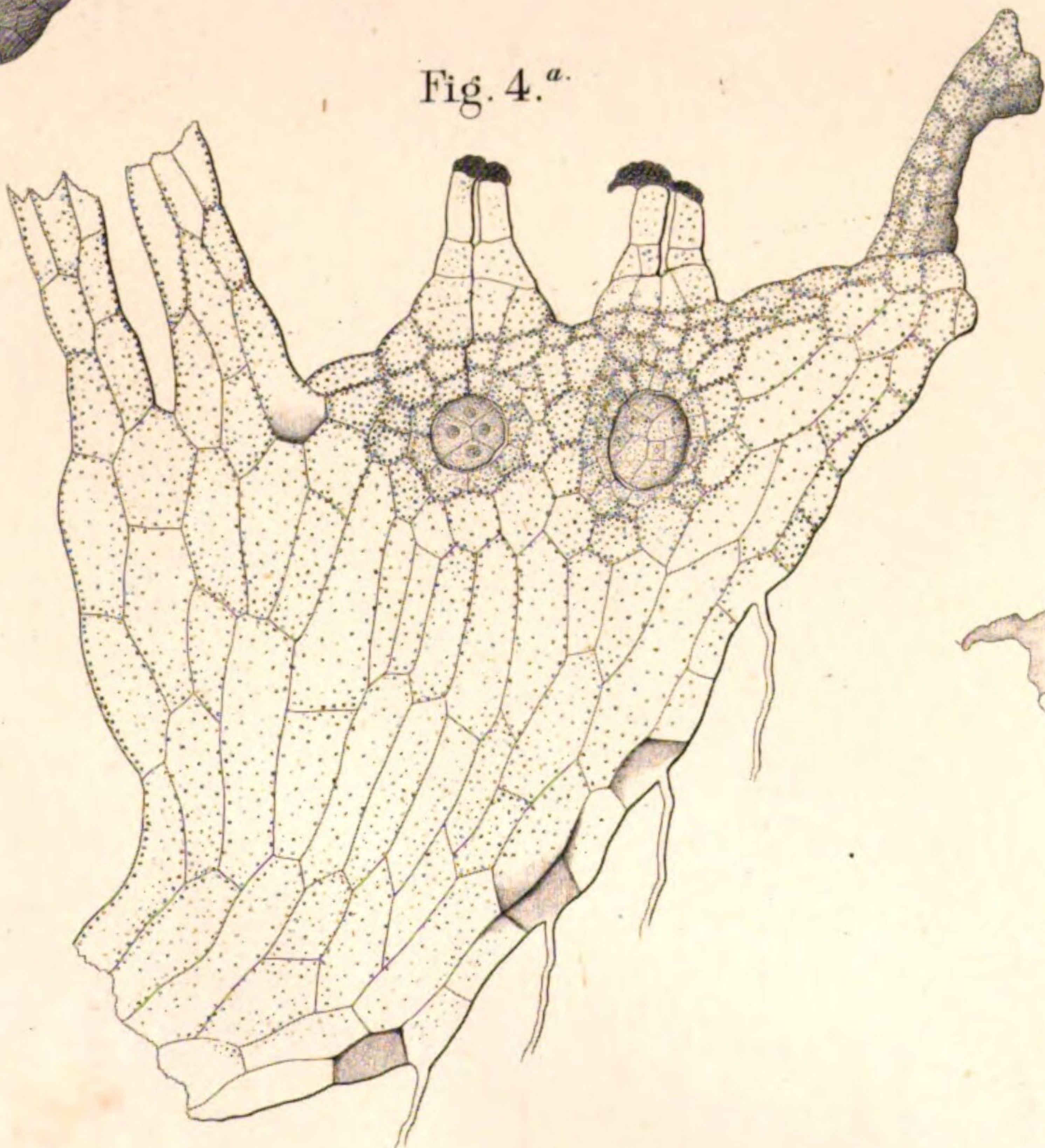


Fig. 7.



Fig. 4.^b



Fig. 2.

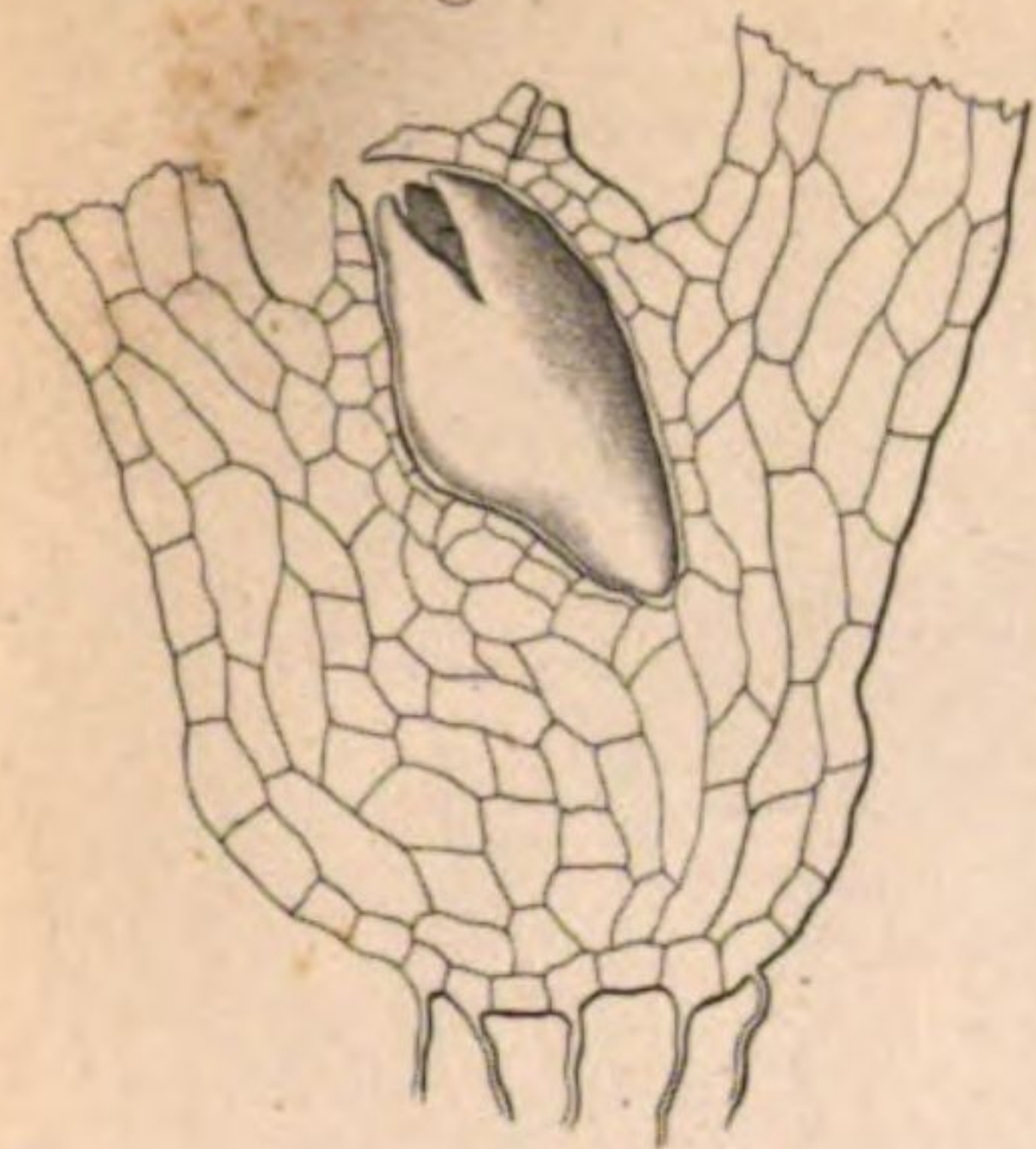


Fig. 5.

Taf. XIX.

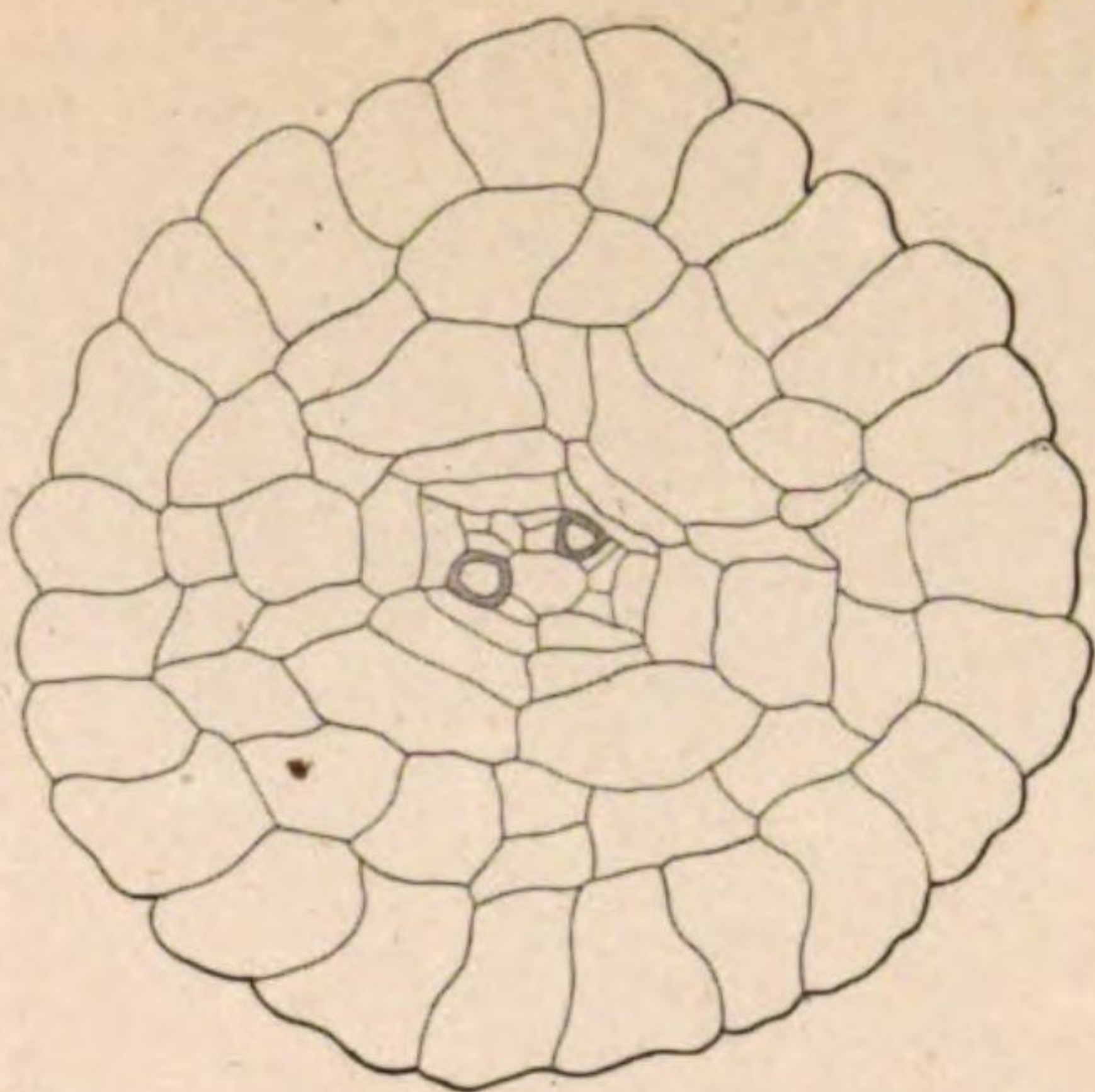


Fig. 1.

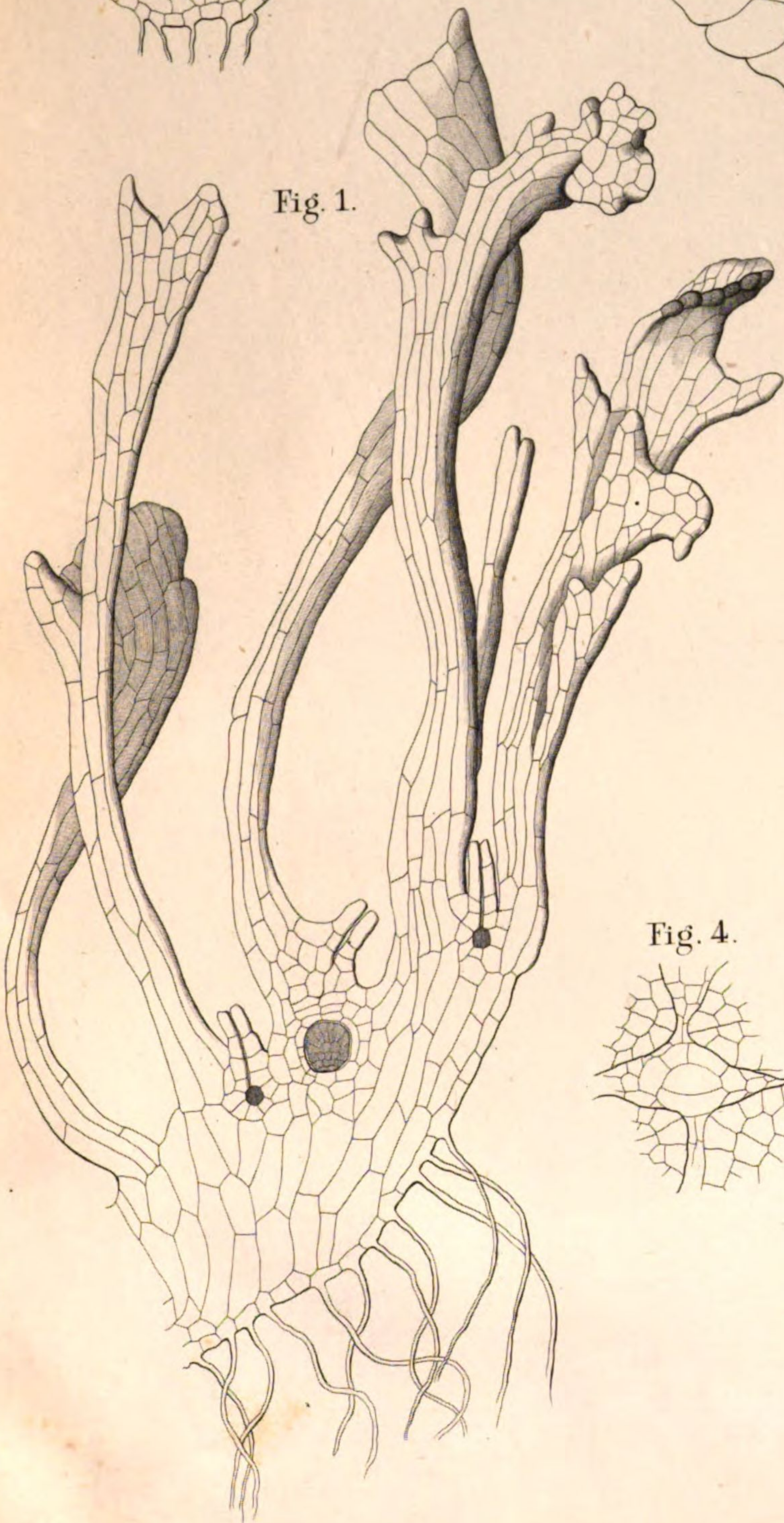


Fig. 3.

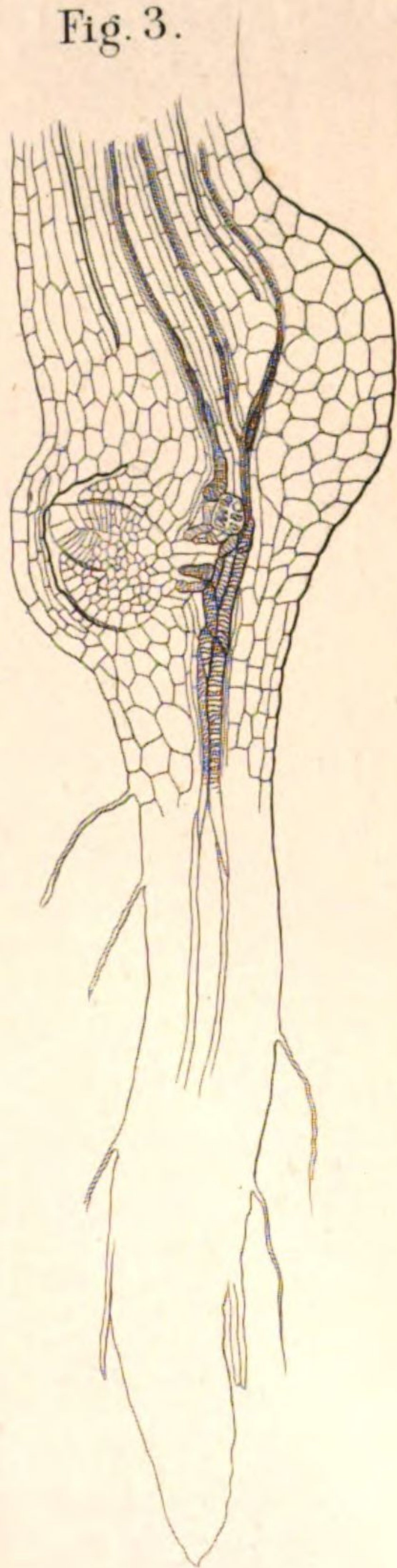
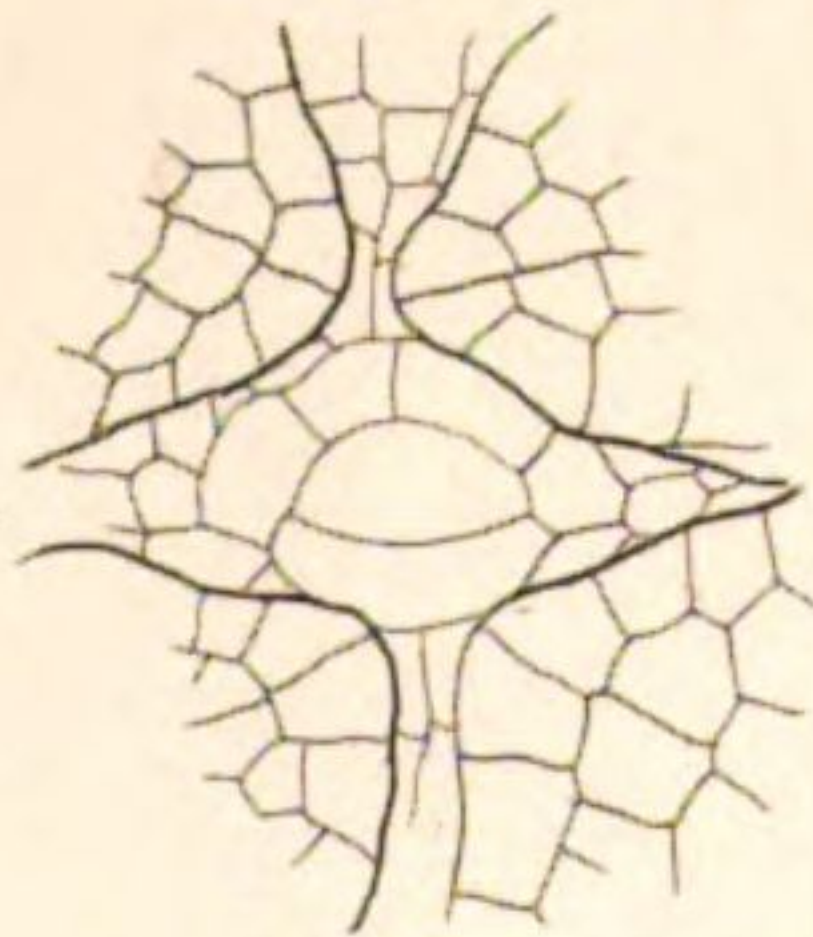


Fig. 4.



W. HOFMEISTER,

MITGLIED DER KÖNIGL. SÄCHS. GESELLSCHAFT DER WISSENSCHAFTEN,

BEITRÄGE

ZUR

KENNTNISS DER GEFÄSSKRYPTOGAMEN.

Aus den Abhandlungen der mathematisch-physischen Classe der Königlich-Sächsischen
Gesellschaft der Wissenschaften.

LEIPZIG,

WEIDMANNSCHE BUCHHANDLUNG.

1852.

277/13.

INHALT DER BERICHTE
 über die Verhandlungen
 der
MATHEMATISCH-PHYSISCHEN CLASSE
 der Königl. Sächs. Gesellschaft der Wissenschaften
 zu Leipzig.

Aus den Jahren 1846 und 1847. 12 Hefte die Verhandlungen beider Classen enthaltend. gr. 8. broch. Jedes Heft 10 Ngr.

- MÖBIUS, über die phoronomische Deutung des Taylorschen Theorems.
 ERDMANN, über Samenaschen und deren Analyse.
 E. H. WEBER, Untersuchung der Wirkungen, welche die magneto-electrische Reizung der Blutgefässe bei lebenden Thieren hervorbringt.
 LEHMANN, über den Gehalt des Blutes an kohlensaurem Alkali.
 LEHMANN, über die saure Reaction des Magensaftes.
 SEEBECK, über die Schwingungen gespannter und nichtgespannter Stäbe.
 NAUMANN, über die cyclocentrische Conchospirale und über das Windungsgesetz von Planorbis Corneus.
 MÖBIUS, Verallgemeinerung des Pascalschen Theorems, das in einen Kegelschnitt beschriebene Sechseck betreffend.
 E. H. WEBER, über den Einfluss der Erwärmung und Erkältung der Nerven auf ihr Leitungsvermögen.
 E. H. WEBER, über den Mechanismus der Einsaugung des Speisesaftes bei dem Menschen und bei einigen Thieren.
 E. H. WEBER, über den Descensus testiculorum bei dem Menschen und bei einigen Säugethieren.
 REICH, über die abstossende Wirkung eines Magnetpoles auf unmagnetische Körper.
 HANSEN, über eine allgem. Auflösung eines beliebigen Systems von linearischen Gleichungen.
 HANSEN, über die Entwicklung der Grösse $(1 - 2\alpha H + \alpha^2)^{-\frac{1}{2}}$ nach den Potenzen von α .
 HANSEN, über die Knotenbewegung des Mondes.
 W. WEBER, über die Erregung und Wirkung des Diamagnetismus nach den Gesetzen inducirter Ströme.
 E. H. WEBER, über die Tastorgane als die allein fähigen uns die Empfindungen von Wärme, Kälte und Druck zu verschaffen.
 SEEBECK, über die Töne steifer Saiten.
 NAUMANN, über die Felsenschliffe der Hohburger Porphyrberge unweit Wurzen.

Aus dem Jahr 1848. 6 Hefte die Verhandlungen beider Classen enthaltend. 8. broch. Jedes Heft 10 Ngr.

- MÖBIUS, über die Grundformen der Linien der dritten Ordnung.
 ERDMANN, über die Mellithsäure.
 NAUMANN, über die logarithmische Spirale von Nautilus Pompilius und Ammonites galeatus.
 NAUMANN, über die im Königreiche Sachsen möglicherweise noch aufzufindenden Steinkohlen.
 MÖBIUS, über den von Graham entdeckten Planeten.
 CARUS, über einen seltenen und merkwürdigen Fall einer krankhaften Verbildung mehrerer Suturen des Schädels.
 DROBISCH, über die geometrische Construction der imaginären Grössen.
 MÖBIUS, über die Gestalt sphärischer Curven, welche keine merkwürdigen Punkte haben.
 SEEBECK, über Interferenz der Wärmestrahlen.
 E. H. WEBER, Beiträge zur Anatomie und Physiologie des Bibers, castor fiber.
 LEHMANN, über das chemische Verhalten des russischen und canadischen Castoreum und des Smegma praeputii des Pferdes.
 E. H. WEBER, über die Umstände durch welche man geleitet wird Empfindungen auf äussere Objecte zu beziehen.
 REICH, über die magnetische Polarität des Pöhlbergs bei Annaberg.

Aus dem Jahr 1849. 3 Hefte die Verhandlungen der mathematisch-physischen Classe enthaltend. 8. broch. Jedes Heft 10 Ngr.

- W. WEBER, Bemerkung zu Neumanns Theorie inducirter Ströme.
 LEHMANN, über einige quantitative Verhältnisse die den Verdauungsprocess betreffen.

- FECHNER, über die mathematische Behandlung organischer Gestalten und Processe.
 A. F. MÖBIUS, über das Gesetz der Symmetrie der Krystalle und die Anwendung dieses Gesetzes auf die Eintheilung der Krystalle in Systeme.
 A. W. VOLKMANN, über einige Probleme der Hämodynamik und deren Lösbarkeit.
 EDUARD WEBER, über die Gewichtsverhältnisse der Muskeln des menschlichen Körpers im Allgemeinen.
 MARCHAND, über das Auftreten und die Ermittlung des Arsens im thierischen Körper.
 G. TH. FECHNER, über das Causalgesetz.
 D'ARREST, Mittheilungen über den zweiten Cometen von 1849 und den neuentdeckten Planeten Hygiea.
 MARCHAND, vorläufige Mittheilung aus einer Untersuchung: über das Leuchten des Phosphors.
 A. W. VOLKMANN, physiologische Untersuchung über die Abhängigkeit des Pulses der Lymphherzen vom Nervensysteme.
 E. H. WEBER, über die Abhängigkeit der Entstehung der animalischen Muskeln von der der animalischen Nerven, erläutert durch eine von ihm und Eduard Weber untersuchte Missbildung.
 E. H. WEBER, Zusätze zu seinen Untersuchungen über den Bau der Leber.

Aus dem Jahr 1850. 3 Hefte die Verhandlungen der mathematisch-physischen Classe enthaltend 8. broch. Jedes Heft 10 Ngr.

- D'ARREST, neue Verbesserung der Elemente der Hygiea-Bahn.
 MÖBIUS, über einen von ihm gefundenen Beweis des Satzes vom Parallelogramme der Kräfte.
 E. H. WEBER, über die periodische Farbenveränderung, welche die Leber der Hühner und der Frösche erleidet.
 E. F. WEBER, über ein Verfahren, den Kreislauf des Blutes und die Function des Herzens willkürlich zu unterbrechen.
 D'ARREST, über den gegenwärtigen Cometen 1850. I.
 D'ARREST, über die totale in Syrien beobachtete Sonnenfinsterniss im Jahre 812 n. Chr.
 HANKEL, über die Construction eines Elektrometers.
 HANKEL, Messungen über die Grösse der Kraft, welche zwischen einer elektrischen Spirale und einem in ihrer Axe befindlichen Eisenkerne in der Richtung dieser Axe wirkt.
 D'ARREST, Bestimmung der Declination im magnetischen Observatorium zu Leipzig.
 D'ARREST, Nachricht von der Entdeckung und den ersten Beobachtungen des Planeten Victoria, des Cometen von Bond und des dreizehnten Hauptplaneten.
 E. H. WEBER, Einige Bemerkungen über den Bau des Seehundes, *phoca vitulina*, und namentlich auch über die Einrichtungen, die sich auf die Erhaltung und Erzeugung der hohen Temperatur des im kalten Wasser lebenden Thiers und auf den Gebrauch der Augen in der Luft und im Wasser beziehen.
 LEHMANN, einige vergleichende Analysen des Blutes der Pfortader und der Lebervenen.
 E. H. WEBER, über die Anwendung der Wellenlehre auf die Lehre vom Kreislauf des Blutes und insbesondere auf die Pulslehre.

Aus dem Jahr 1851. 2 Hefte. 8. broch. Jedes Heft 10 Ngr.

- VOLKMANN, über das Zustandekommen der Muskelcontractionen im Verlaufe der Zeit.
 ERDMANN, über eine merkwürdige Structurveränderung bleihaltigen Zinnes.
 ERDMANN, Mittheilung über Wagners Untersuchung der Moringerbsäure und ihrer Zersetzungsproducte.
 ERDMANN, über die Zähigkeit des Lebens der *Tradescantia zebrina*.
 MÖBIUS, über symmetrische Figuren.
 REICH, neue Versuche mit der Drehwage zur Bestimmung der mittleren Dichtigkeit der Erde.
 E. WEBER, über den Mechanismus des Gehörorgans.
 D'ARREST, über die Gruppierung der periodischen Cometen.
 HANSEN, über ein neues Coordinatensystem.
 VOLKMANN, über die Kraft, welche in einem gereizten Muskel des animalen Lebens thätig ist.
 E. F. WEBER, über die Längenverhältnisse der Fleischfasern der Muskeln im Allgemeinen.
 D'ARREST, Bericht über die Beobachtung der totalen Sonnenfinsterniss zu Königsberg in Preussen am 28. Juli 1851.
 HANKEL, Messungen der Abstossungen des krystallisirten Wismuths durch die Pole eines Magnets mittelst der Drehwage.
 DERSELBE, über das vermeintliche Leitungsvermögen der Marekanite für Electricität.
 DROBISCH, über eine Aufgabe Schooten's.

INHALT DER ABHANDLUNGEN

bei Begründung der Königl. Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften am Tage der zweihundertjährigen Geburtsfeier Leibnizens herausgegeben von der Fürstl. Jablonowskischen Gesellschaft zu Leipzig. Mit dem Bildnisse von Leibniz in Medaillon und zahlreichen Holzschnitten und Kupfer-
tafeln. 61 Bogen in hoch 4. 1846. broch. Preis 5 Thlr.

W. WACHSMUTH, Briefe von Leibniz an Christian Philipp.

A. F. MÖBIUS, Ueber eine neue Behandlungsweise der analytischen Sphärik. Mit einer Tafel. (Einzeln 16 Ngr.)

M. W. DROBISCH, Ueber die mathematische Bestimmung der musikalischen Intervalle. (Einzeln 12½ Ngr.)

A. SEEBECK, Ueber die Schwingungen der Saiten. (Einzeln 10 Ngr.)

C. F. NAUMANN, Ueber die Spiralen der Conchylien. (Einzeln 16 Ngr.)

F. REICH, Elektrische Versuche. (Einzeln 7½ Ngr.)

W. WEBER, Elektrodynamische Maassbestimmungen. Mit Holzschnitten. (Einzeln 1 Thlr.)

E. H. WEBER, Zusätze zur Lehre vom Baue und den Verrichtungen der Geschlechtsorgane. Mit 9 Kupfertafeln. (Einzeln 1 Thlr. 10 Ngr.)

C. G. LEHMANN, Beiträge zur Kenntniss des Verhaltens der Kohlensäureexhalation unter verschiedenen physiologischen und pathologischen Verhältnissen. (Einzeln 10 Ngr.)

ABHANDLUNGEN der mathematisch-physischen Classe der Königlich Sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften zu Leipzig.
I. Band. hoch 4. broch. Preis 4 Thlr. 16 Ngr.

Inhalt:

A. F. MÖBIUS, über die Grundformen der Linien der dritten Ordnung. (Einzeln 24 Ngr.)

P. A. HANSEN, allgemeine Auflösung eines beliebigen Systems von linearischen Gleichungen. — Ueber die Entwicklung der Grösse $(1 - 2\alpha H + \alpha^2) - \frac{1}{2}$ nach den Potenzen von α . (Einzeln 12 Ngr.)

A. SEEBECK, über die Querschwingungen gespannter und nicht gespannter elastischer Stäbe. (Einzeln 10 Ngr.)

C. F. NAUMANN, über die cyclocentrische Conchospirale und über das Windungsgesetz von Planorbis Corneus. (Einzeln 10 Ngr.)

W. WEBER, elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere Widerstandsmessungen. (Einzeln 1 Thlr.)

F. REICH, neue Versuche mit der Drehwaage. (Einzeln 20 Ngr.)

M. W. DROBISCH, Zusätze zum florentiner Problem. (Einzeln 16 Ngr.)

W. WEBER, elektrodynamische Maassbestimmungen, insbesondere über Diamagnetismus. (Einzeln 20 Ngr.)

Vom II. Bande ist bis jetzt erschienen:

M. W. DROBISCH, über musikalische Tonbestimmung und Temperatur. (Einzeln 1 Thlr.)

W. HOFMEISTER, Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen. (Einzeln 16 Ngr.)

Leipzig, October 1852.

Weidmann'sche Buchhandlung.

Cryptogamon



Hofmeister, W.

Beiträge zur Kenntniss der Gefässkryptogamen I. Aus d. Abh. d. mathem.
phys. Cl. d. k. Sachs. Ges. d. Wiss

Lpzg 1852

4 Phyt. 155 ch

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10229746-1